

СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ХИМИИ И ФИЗИКИ

Эрлих Г.В., Лисичкин Г.В.

Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

DOI 10.55959/MSU012444-6-2026-22-195-203

В какой мере современные достижения науки должны быть отражены в преподавании? Насколько школьный курс должен соответствовать уровню развития современной науки? Понятно, что для учителя, преподающего физику или химию на базовом уровне и находящегося в режиме острого дефицита учебного времени, эти вопросы сегодня не слишком актуальны. Тем не менее здесь есть о чём задуматься педагогам, работающим в системе дополнительного образования, также как и преподавателям углублённых курсов естественных наук. Включение в учебный процесс сведений о новых открытиях способствуют пониманию школьниками важности научных исследований, их влияния на развитие цивилизации.

Вместе с тем высокая «научность» учебника зачастую даже вредит пониманию. Классический пример – фактическое фиаско реформы математического образования, во главе которой стоял крупнейший ученый и педагог А.Н. Колмогоров. От безукоризненных с научной точки зрения формулировок школьники, да и учителя, впадали в ступор.

Подобные крайности возможны и в химии. Так, например, академик А.Л. Бучаченко полагает, что на пятой странице учебника химии для 8 класса следует привести уравнение Шрёдингера, из которого должно быть выведено всё остальное. Остаточный объём химиче-

ских знаний выпускников школы в этом случае, несомненно, будет нулевым.

Менее экстремистский вариант реализован в хорошем учебнике Н.Е. Кузнецовой с соавторами. В самом начале курса, ещё до рассмотрения свойств химических элементов и многообразия химических реакций, вводится понятие энтропии и с его помощью объясняется, почему протекают химические реакции. По сути, всё правильно, но вряд ли школьники 8 класса, едва знакомые с начатками физики, способны «переварить» это понятие, которое даже многие студенты химических специальностей вузов усваивают весьма формально.

Привлечение материала о современных достижениях науки наглядно демонстрирует учащимся, что наука – это не застывший много лет назад массив закономерностей, канонов, инструкций и приёмов, а живой, интенсивно развивающийся организм, который остро необходим для благополучной и безопасной жизни. Казалось бы, из сказанного следует, что вывод о насыщении учебной программы материалом о новейших проблемах и достижениях науки правомерен. Однако, делать такой вывод преждевременно.

Во-первых, наука развивается быстрее, чем меняются школьные программы, догнать её невозможно в принципе. Во-вторых, в погоне за «современностью» можно утратить понимание фундаментальных основ науки, разъяснению которых и служит школьный курс. В-третьих, для понимания преобладающей части открытий в области физики и химии требуются знания, далеко выходящие за пределы школьной программы.

Вводить примеры новых научных открытий в учебный процесс следует взвешенно и осторожно. Эти примеры должны удовлетворять целому ряду требований. Они должны:

- иметь отношение к повседневной жизни или к обсуждаемым в обществе проблемам;
- иллюстрировать основные принципы и методы химии;
- привлекать внимание школьников к химии;
- способствовать созданию положительного образа химии.

Важнейшее требование: уверенность в том, что вводимое научное достижение выдержало проверку временем, действительно стало значимым достоянием науки, а не просто яркой, но недостоверной сенсацией, каких в наше время немало. Ясно, что для обретения такой уверенности необходимо время, поэтому вряд ли стоит рассматривать научные достижения последнего десятилетия. Пример такой сенсации – сообщение М. Флейшмана и С. Понса о «холодном» ядерном синтезе – превращении дейтерия в тритий или гелий в условиях электролиза на палладиевом электроде. Несмотря на многочисленные попытки, воспроизвести этот эксперимент никому не удалось.

Обязательное требование к отбору научных открытий – возможность объяснить школьнику существо дела в рамках имеющихся у него знаний по химии и другим естественно-научным предметам. Этот критерий отсекает множество современных достижений науки, в частности Нобелевских премий, для ясного понимания сути многих из которых недостаточно даже высшего образования.

К этому критерию примыкает требование не вступать в противоречие с известными учащимся другими фактами и примерами, содержащимися в базовом курсе физики и химии. Так, рассказ о строении и свойствах фуллерена (Р. Керл, Х. Крото, Р. Смолли, Нобелевская премия по химии 1996 года) и графена (А.К. Гейм и К.С. Новоселов, Нобелевская премия по физике 2010 года) вполне уместен, так как по существу речь идет об открытии новых аллотропных форм углерода, дополняющих набор известных – графита, алмаза и карбина. В то же время попытка объяснить школьникам Нобелевскую премию по физике 1998 года (Р. Лафлин, Х. Штермер, Д. Цуи) «За открытие новой формы квантовой жидкости с возбуждениями, имеющими дробный электрический заряд» будет обречена на провал.

При выборе примеров научных открытий заслуживает отдельного рассмотрения вопрос о наличии у них видимых перспектив практического использования. С одной стороны, возможность использования научного достижения в промышленности, сельском хозяйстве и, тем более, в быту способствует пониманию важности научных ис-

следований. Но вместе с тем многие фундаментальные научные результаты не имеют очевидных сегодня путей использования в практике. Здесь надо вспомнить крупнейшего физика Л. Больцмана: «Нет ничего практичнее хорошей теории!», а также творца ядерной физики Э. Резерфорда, который не верил в практическое использование ядерной энергии: «Человечество сможет использовать энергию ядра не ранее, чем через 200 лет». А всего через восемь лет была взорвана первая атомная бомба.

Приведём несколько примеров научных направлений, которые можно рекомендовать для обсуждения в рамках преподавания физики и химии на углублённом уровне и в системе дополнительного образования.

1. *Открытие фуллерена, углеродных нанотрубок, графена.* В более широком плане – прогресс химии простых соединений, в ещё более широком – ренессанс неорганической химии. Открытие графена в 2004 году и Нобелевская премия по химии 2010 года, полученная за это нашими соотечественниками, – именно тот факт, который может поразить воображение школьника.

2. *Сверхпроводящие керамики.* Ещё один пример феноменального прогресса неорганической химии, что уж говорить о впечатлении от объектов, левитирующих в поле сверхпроводящих магнитов (Г. Беднорц, К. Мюллер, Нобелевская премия 1987 года).

3. *Создание сканирующих зондовых микроскопов,* позволяющих «увидеть» атомы и изучать структуру вещества с атомарным разрешением (Г. Бинниг и Г. Рорер, Нобелевская премия 1981 года).

4. *Проводящие органические полимеры.*

5. *Твердофазный синтез пептидов и олигонуклеотидов.* В более общем виде – машинный синтез сложных органических соединений. Синтез «по программе» в полной мере отвечает умонастроению современных школьников (Р.Б. Меррифилд, Нобелевская премия 1984 года).

6. *Расшифровка генома человека.* Вершина айсберга, включающего создание разнообразных методов трансформации ДНК, получе-

ние генетически модифицированных организмов, генную терапию и т. п.

7. *Полимеразная цепная реакция (ПЦР)*. Уникальная реакция, позволяющая размножать фрагменты молекулы ДНК. Дополнила многочисленные типы химических реакций (соединения, разложения, замещения, полимеризации и т. д.) принципиально новым – размножением по шаблону. Не случайно, что создатель ПЦР – Кэри Муллис – получил в 1993 году Нобелевскую премию по химии.

8. *Прогресс микроэлектроники*, в более широком плане – прогресс в области получения полупроводниковых материалов и структур.

10. *Абиогенный природный газ*. Доказательство возможности абиогенного образования природного газа в земной коре переводит природный газ в разряд возобновляемых источников энергии и сырья и позволяет по-новому взглянуть на перспективы развития цивилизации.

11. Открытие изотактического полипропилена (К. Циглер, Дж. Натта, Нобелевская премия 1963 года).

12. Открытие экзопланеты на орбите солнцеподобной звезды (М. Майор, Д. Кело, Нобелевская премия 2019 года).

Необходимо также учитывать, что химия как наука претерпела за последние десятилетия существенные изменения и далеко ушла от тех концепций, которые излагаются в школьном курсе. Разрыв резко усилился со вступлением науки в эпоху нанотехнологий. Непонимание и неприятие нанотехнологий как неспециалистами, так и многими людьми, имеющими самое непосредственное отношение к химии, обусловлено в определённой мере тем, что они противоречат принципам, усвоенным ещё на школьной скамье.

Отметим лишь некоторые особенности современной химии, акцентируя внимание на их взаимосвязи со школьным курсом.

1) *Использование атомов как химических реагентов*

Как методически строится рассмотрение свойств конкретного химического элемента в школьном курсе? Строение атома, структуры

его электронных оболочек. Простые вещества элемента: строение, свойства, применение. Сложные соединения: строение, свойства, применение. В этой привычной схеме есть очевидное упущение – свойства и применение атомов элемента. Раньше это выглядело вполне обоснованным. Собственно химия начиналась с молекул вещества, атомы если и появлялись в уравнениях химических реакций, то лишь в качестве промежуточных, короткоживущих и реакционно-способных частиц. Едва ли не единственный пример в школьном учебнике химии – атомы хлора в процессе радикального хлорирования углеводов.

Между тем атомы как химические реагенты широко используются как в научных исследованиях, так и в технологии, в частности, для прямого синтеза химических соединений. В качестве примера можно привести метод молекулярно-лучевой (атомно-пучковой) эпитаксии, с помощью которого получают полупроводниковые гетероструктуры – «слоёный пирог», состоящий из слоёв различных веществ нанометровой толщины. Отработаны методы получения атомарных газов различных элементов и манипулирования ими. Через стадию образования атомарных газов проходит синтез таких практически важных веществ, как металлические наночастицы и фуллерены.

Но каковы химические свойства, например, атома золота? Школьный курс не даёт ответа на этот вопрос. Более того, многие, даже специалисты, проецируют свойства простого вещества на свойства атомов и соответственно полагают, что атомы золота химически инертны. Это не соответствует действительности. Атомы золота – реакционноспособные частицы, легко вступающие во взаимодействие с компонентами окружающей среды и между собой с образованием кластеров, состоящих из нескольких атомов золота, а по мере их роста – частиц нанометровых размеров. За счёт образования химических связей между атомами золота их реакционная способность уменьшается, так что наночастицы золота по своей химической активности занимают промежуточное положение между атомами золота и массивным образцом. «Особые» свойства наночастиц получают простое, ло-

гичное объяснение, понятное даже школьнику, которому рассказали о химических свойствах атомов золота.

2) Зависимость свойств веществ от метода их получения

Безусловно, это очень жёсткая формулировка, способная вызывать протест профессиональных химиков-исследователей, но со стороны дело выглядит именно так. Чтобы не умножать примеры, возьмем то же золото. В зависимости от метода синтеза наночастицы золота могут иметь разную окраску – от фиолетовой до красной, они могут быть как проводниками электричества, так и диэлектриками, они могут быть каталитически неактивными или превосходить по активности лучшие катализаторы на основе платины. Везде речь идёт об элементарном золоте и эти сведения находятся в вопиющем противоречии с тем, что сообщает нам школьный учебник химии.

Методической основой школьного курса химии является закон Пруста, который как раз и гласит, что состав и свойства веществ не зависят от метода их получения. Конечно, в учебниках есть оговорка об ограниченности этого закона, но эта оговорка быстро выветривается из памяти школьников, тем более что все дальнейшее изложение ведется строго в рамках этого закона.

3) Примеси как один из важнейших инструментов влияния на свойства вещества

В сущности, этот пункт продолжает предыдущее обсуждение. В школьном курсе обсуждаются свойства индивидуальных, идеально чистых веществ. Методически это абсолютно правильно, но в реальной жизни мы всегда имеем дело со смесями веществ. Профессиональные химики на протяжении всей истории развития химии тоже рассматривали примеси как досадную помеху, влияющую на протекание химических реакций и приводящую к невоспроизводимости результатов эксперимента. Отсюда – разработка всё более совершенных методов очистки веществ.

На современном этапе развитие технологии получения особо чистых веществ и методов аналитического контроля позволило перейти к контролируемому введению малых и сверхмалых количеств при-

месей, открывшему путь к воспроизводимому получению новых материалов с уникальными свойствами. Приведём в качестве примера полупроводниковые материалы на основе кремния. Два образца кремния, содержащих легирующие добавки фосфора или бора в количестве 10^{-5} масс. %, абсолютно идентичны как по химическим свойствам, так и по результатам анализа большинством доступных методов, но при этом принципиально отличаются по типу проводимости и с этой точки зрения представляют собой два разных вещества.

4) *Нестехиометрические соединения*

Помимо закона Пруста школьный курс методически базируется на подходе Дальтона. Опять же есть оговорка о неабсолютности закона кратных отношений, упоминается исторический спор Дальтона и Бертолле и фамилия российского ученого Н.С. Курнакова в связи с существованием соединений нестехиометрического (переменного) состава. Но вся эта информация, не подкреплённая примерами в дальнейшем курсе, испаряется из памяти учащихся, что существенно искажает их представление о современной химии, её методах и возможностях.

5) *Супрамолекулярная химия*

Этот термин употреблен просто потому, что он на слуху, кроме того, за исследования в области супрамолекулярной химии была присуждена Нобелевская премия по химии 1987 года. Речь пойдет не об этом, а о сути. Школьный курс химии акцентирует внимание на молекуле, на типе связей внутри молекулы, на превращении молекул в результате химического взаимодействия. В то же время взаимодействия между молекулами, которые не приводят к перераспределению электронов и химических связей (то есть взаимодействия, которые нельзя описать уравнением химической реакции), рассматриваются в значительно меньшем объёме и не остаются в памяти учащихся. Водородная связь преподносится как довольно экзотический вид химической связи, нужный преимущественно для объяснения свойств воды (но об этом говорят скороговоркой, потому что единая точка зрения на структуру воды отсутствует даже в научном сообществе). Ван-дер-

ваальсовы взаимодействия, по сути, выведены за пределы химии, хотя именно два упомянутых типа взаимодействия в значительной мере ответственны за превращение совокупности молекул в вещество – основной объект химии.

6) Поверхность

Так одним словом можно обозначить огромный круг явлений, который обходят авторы школьных учебников. Как отмечалось выше, в школьном курсе обсуждаются свойства индивидуальных, идеально чистых веществ, как во всякой модели тут нет места краевым эффектам – поверхности раздела фаз. Тем более что тонкий поверхностный слой отличается по свойствам, а зачастую и по составу от основной массы вещества. Но именно поверхность определяет каталитические и сорбционные свойства веществ (кстати, важнейшие явления катализа и сорбции также практически не отражены в школьном курсе), многие уникальные свойства нанообъектов определяются поверхностными атомами, доля которых может достигать десятков процентов от массы вещества, и так далее.

Можно привести и другие примеры. В какой мере эти изменения химии как науки должны быть отражены в школьном курсе химии? Или в более общем виде: насколько школьный курс должен соответствовать уровню развитию современной науки? Здесь есть о чём подумать методистам.

Понятно, что успешное формирование у школьников представлений о современных достижениях науки требует от преподавателя определённых дополнительных усилий для серьёзного знакомства с широким кругом проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эрлих Г.В. Какая химия должна изучаться в современной школе? // Российский химический журнал. 2011. Т. 55. № 4. С. 28–36.
2. Лисичкин Г.В. Современные научные открытия в школьном курсе химии. // Химия в школе. 2025. № 3. С. 2–5.