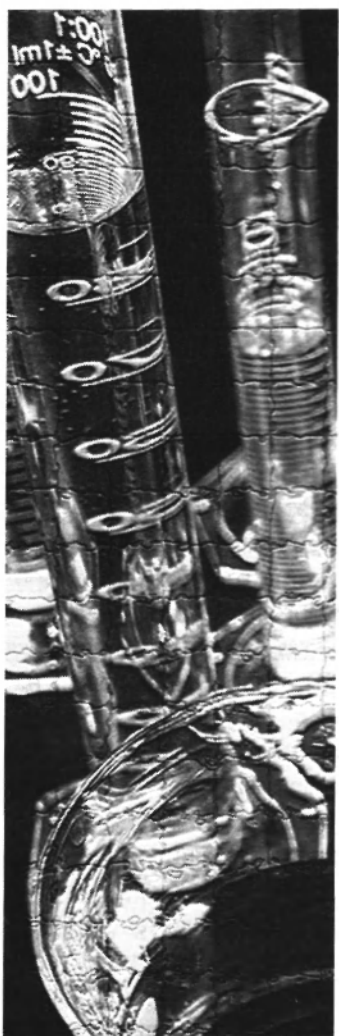


Д. М. Жилин
СШ № 192, Москва

ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

как средство формирования критического мышления



Основной критерий научности теории, по К. Попперу, — её фальсифицируемость, т. е. возможность поставить эксперимент, который опровергнет данную теорию [1]. Часто такой эксперимент не отвергает теорию целиком, а устанавливает границы её применимости. Так, открытое в конце XIX в. постоянство скорости света как бы опровергает механику И. Ньютона. Однако эту механику продолжают использовать, просто условия её использования ограничены скоростями, далёкими от скорости света.

Таким образом, можно говорить, что процесс познания — это процесс не только и не столько освоения новых теорий, сколько установления и постоянного усложнения границ применимости уже имеющихся. Такое установление требует хорошо развитого критического мышления. Как показал американский педагог У. Перри и подтвердили на широкой выборке R. M. Felder и R. Brent, отношение к знаниям у каждого индивида проходит три стадии [2–5]. Первая стадия — *дихотомизм* (знание может быть только «верным» и «неверным»). Вторая стадия — *мультиплизм* (ничто не известно наверняка, а один и тот же процесс может быть описан несколькими *равноправными* теориями). Третья стадия — *релятивизм* («правильность» или «неправильность» знания на этой стадии зависит от контекста, т. е. всякое знание относительно).

Нетрудно заметить, что критическое мышление соответствует стадии релятивизма, а как показал тот же У. Перри, даже студенты второго курса колледжа в основном находятся где-то в районе перехода от дихотомизма к мультиплизму. Таким образом, можно сказать, что развитие критического мышления сопряжено с форсированным переводом учащегося на стадию релятивизма.

Согласно О. И. Загашеву с соавт., разрабатывавшим технологию развития критического мышления в России, учитель вместе с учащимися должен пройти три стадии: стадию *вызова* (пробуждения интереса к предмету), стадию *реализации смысла* (осмысления материала для работы с ним) и стадию *рефлексии* (обобщения материала и подведения итогов) [6]. Однако эти авторы не определяют критическое мышление и сводят технологию к общению и работе с текстами, что не соотносится с попперовской идеей *экспериментальной* фальсификации теорий и не задействует в полной мере потенциал естественных наук. Интересно, что даже в преподавании химии многие авторы претендуют на развитие критического мышления на стадии *вызова*, давая студентам информацию в текстовом виде [7–9].

Чтобы наиболее полно использовать потенциал химии для развития критического мышления, на стадии *вызова* следует подключать химический эксперимент. При этом эксперимент должен быть поставлен таким образом, чтобы его результаты вызвали когнитивный конфликт, идея которого восходит к работе D. E. Berlyne (в русскоязычной литературе чаще используют термин «проблемная ситуация») [10, 11]. Учащиеся должны осознать, что имеющиеся у них представления противоречат наблюдениям, а значит, представления следует изменять. Утверждается, что такой подход, помимо всего прочего, стимулирует любопытство школьников.

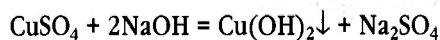
Применительно к демонстрационному эксперименту по химии организацию когнитивного конфликта исследовали M. Baddock & R. Vucac [12]. Они показали, что организация когнитивного конфликта при помощи демонстрационного эксперимента — очень сложная задача. Так, когнитивный конфликт возникает далеко не у всех учащихся, а неграмотная постановка эксперимента вместо организации когнитивного конфликта способна просто их запутать.

Что же необходимо для того, чтобы химический эксперимент (демонстрационный или лабораторный) вызывал когнитивный конфликт? Очевидно, что для этого должны быть соблюдены следующие условия.

1. У учащегося должны быть накоплены знания, позволяющие предсказать исход эксперимента, т. е. когнитивный конфликт есть метод *развития* знаний, основа для которых создаётся *другими* методами (в том числе и с использованием химического эксперимента). Более того, к моменту проведения эксперимента учащийся должен сформулировать такое предсказание.

2. У учащегося должны быть накоплены знания, позволяющие обнаружить расхождения между его предсказанием и действительностью.

Разберём эти два пункта на примере взаимодействия сульфата меди(II) с гидроксидом натрия. В соответствии с данными школьного учебника реакция между ними проходит по уравнению:

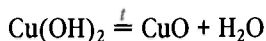


Эта реакция сопровождается выпадением голубого осадка. Чтобы предсказать результаты наблюдения за этой реакцией, учащийся должен: а) уметь составлять уравнения ионнообменных реакций; б) знать, что гидроксид меди(II) голубого цвета, и в) осознавать, что если в результате реакции образуется гидроксид меди(II), то его-то он и будет наблюдать.

Как показывает опыт автора, с пунктом (в) несмотря на его кажущуюся очевидность бывают наибольшие проблемы. Учащийся, верно написавший указанную реакцию, очень часто не может ответить на вопрос «Что ты будешь наблюдать?» до тех пор, пока его не спросят: «Какого цвета осадок гидроксида меди(II)?» Это связано с проблемой взаимосвязи символического (уравнения реак-

ций) и макроскопического (внешний вид) представлений о веществе, которая в настоящий момент активно исследуется [13]. Поэтому нужно специально учить учащихся предсказывать результаты наблюдения по уравнению реакции, сообщая им свойства соответствующих продуктов.

Рассказывая учащимся, что с чем мы собираемся смешивать, и обсудив с ними, что они ожидают увидеть, проводим этот опыт. Если приливать сульфат меди(II) к гидроксиду натрия, выпадает голубой осадок¹. Можно спросить у учащихся, что будет, если этот осадок подогреть. Вспомнив реакцию дегидратации, они могут сами прийти к выводу, что при нагревании голубой осадок превратится в чёрный:



И действительно, полученный при указанных условиях осадок ведёт себя именно так.

Если изменить порядок смешивания компонентов (т. е. приливать гидроксид натрия к сульфату меди(II)), то тоже выпадет осадок. Зоркий глаз заметит, что цвет этого осадка не голубой, а, скорее, бирюзовый. А теперь внимание: при нагревании этот осадок не чернеет! На этом этапе мы создаём когнитивный конфликт. Можно предложить учащимся самостоятельно найти объяснение, но опыт показывает, что даже хорошо подготовленные этого сделать не могут.

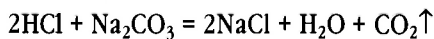
Поэтому можно дать объяснение. А оно следующее: если добавлять гидроксид натрия к сульфату меди(II), то он оказывается в недостатке и выпадает какой-то основной сульфат меди(II), который при нагревании не даёт оксида. Тем самым вводится понятие «основная соль». Кроме того, учащиеся осознают, что реакция солей с основаниями в широком диапазоне реальных условий не сводится к образованию гидроксидов,

а осложнена образованием основных солей. Как показывают опросы выпускников, к окончанию школы они забывают эту конкретную реакцию, но осознание того, что она не так проста, как о ней пишут в учебниках, у них остаётся.

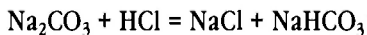
Существует и более простой способ организации когнитивного конфликта на примере данной реакции. Если учащиеся имеют базовые представления о ионообменных реакциях и реакции дегидратации, то можно показать им получение гидроксида меди(II) и его разложение, сопровождая эти опыты записью соответствующих реакций. После этого следует смешать сульфат меди(II) с гидроксидом натрия в другом порядке и подогреть продукт: разница будет очевидна. Затем можно задать учащимся вопрос: «Почему свойства осадка зависят от порядка смешивания компонентов при его получении?» — и при решении этой проблемы ввести (или напомнить) понятие основной соли.

Какие ещё реакции способны формировать критическое мышление? Приведём некоторые из них.

1. *Реакция кислоты с карбонатом натрия в растворах.* Если раствор соды медленно вводить из шприца в раствор кислоты при энергичном перемешивании, то выделяется газ:



Если при тех же условиях вводить кислоту в раствор соды, то выделения газа поначалу не происходит. Образуется гидрокарбонат натрия:



2. *Реакция меди с концентрированной серной кислотой.* Согласно учебникам она протекает по уравнению:

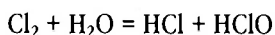


¹ Видеозаписи доступны по адресу: <http://my.mail.ru/community/chem-textbook/4C158BCD55CD39D7.html>

И действительно, с 92%-ной серной кислотой в пробирке образуются серые кристаллы (которые можно отнести к *безводному* CuSO_4) и выделяется удушливый газ SO_2 . Однако с 96%-ной серной кислотой, помимо белых кристаллов, образуется много *чёрного* продукта, который, скорее всего, представляет собой оксид меди(II), не растворяющийся в концентрированной серной кислоте, так как в ней почти нет ионов H_3O^+ :

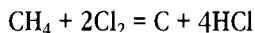


3. *Реакция хлора с лакмусом.* В школьном учебнике сказано, что хлор в воде диспропорционирует с образованием двух кислот:



Поэтому в хлорной воде можно ожидать кислотную среду (и это можно подтвердить, измерив её рН при помощи стеклянного электрода). Значит, можно ожидать, что лакмус в хлорной воде покраснеет. Однако он не краснеет, а *обесцвечивается*¹, поскольку хлорная вода окисляет его до бесцветных продуктов.

4. *Реакция хлора с метаном.* В школьном учебнике сказано, что образуются различные продукты хлорирования метана, однако на самом деле в широком диапазоне соотношений метан : хлор образуется сажа²:



Причины и условия этого явления подробно рассмотрены ранее [14]. ■

¹ Видеозапись доступна по адресу: <http://my.mail.ru/community/chem-textbook/1BBA5571A5BAE17.html>

² Видеозаписи доступны по адресу: <http://my.mail.ru/community/chem-textbook/4C158BCD55CD39D7.html>

ЛИТЕРАТУРА

1. **Поппер К.** Логика и рост научного знания. — М.: Прогресс, 1983.
2. **Perry W. G. (Jr.)**. Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years: a Scheme. — N.Y.: Holt, Rinehart and Winston, 1979.
3. **Finster D. C.** Developmental Instruction. Part I. Perry's Model of Intellectual Development // J. Chem. Ed. — 1989. — 66. — № 8. — P. 659–661.
4. **Finster D. C.** Developmental Instruction. Part II. Application of the Perry Model to General Chemistry // J. Chem. Ed. — 1991. — 68. — № 9. — P. 752–756.
5. **Felder R. M., Brent R.** The Intellectual Development of Science and Engineering Students // J. Engineer. Educ. — 2004. — 93. — № 4. — P. 269–277.
6. **Загашев О. И., Заир-Бек С. И., Муштавинская И. Е.** Учим детей мыслить критически. — СПб.: Речь, 2003.
7. **Kogut L.** Critical Thinking in General Chemistry // J. Chem. Ed. — 1996. — 73. — № 3. — P. 218–221.
8. **Oliver-Hoyo.** Designing a Written Assignment To Promote the Use of Critical Thinking Skills in an Introductory Chemistry Course // J. Chem. Ed. — 2003. — 80. — № 8. — P. 899–903.
9. **DeWit D.** Predicting Inorganic Reaction Products: A Critical Thinking Exercise in General Chemistry // J. Chem. Ed. — 2006. — 83. — № 11. — P. 1625–1628.
10. **Berlyne D. E.** A theory of human curiosity // Brit. J. Psychol. — 1954. — 45. — P. 180–191.
11. **Ben-Zvi R., Silberstein J.** The Use of Motivational Experiments in the Teaching of Quantitative concepts in Chemistry // J. Chem. Ed. — 1980. — 57. — № 11. — P. 792–794.
12. **Baddock M., Bucat R.** Effectiveness of a Classroom Chemistry Demonstration using the Cognitive Conflict Strategy // Int. J. Sci. Educ. — 2008. — 30. — № 8. — P. 1115–1128.
13. **Roehrig G., Garrow Sh.** The Impact of Teacher Classroom Practices on Student Achievement during the Implementation of a Reform-based Chemistry Curriculum // Int. J. Sci. Educ. — 2007. — 29. — № 14. — P. 1789–1811.
14. **Жилин Д. М.** Как на самом деле реагирует метан с хлором // Химия в школе. — 2011. — № 3. — С. 64–67.

Ключевые слова: химический эксперимент, критическое мышление, когнитивный конфликт, проблемная ситуация.
Key words: chemical experiment, critical thinking, cognitive conflict.