

ЧЕГО НЕ ХВАТАЕТ ВЫПУСКНИКУ КЛАССИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ

Жилин Д.М.

Частная инновационная школа «Сколка»

DOI 10.55959/MSU012061-5-2025-21-138-150

Достаточно ли того образования, которое получает выпускник химфака МГУ (шире – классического университета) для того, чтобы по окончании своего вуза преподавать химию (или другие профильные предметы)? Если бы было достаточно, то любой человек, знающий химию, мог бы преподавать её заинтересованным студентам вуза (и даже школьникам), и студенты его бы понимали. Увы, это не так. Автору неизвестно, организуют ли сейчас вузы обратную связь, где студенты оценивают качество преподавания, поэтому придётся апеллировать к личному опыту. А личный опыт автора говорит, что в студенческие годы он усваивал далеко не все химические курсы, хотя был не самым глупым студентом и учился в основном у хороших преподавателей. Иногда автор терял нить изложения через десять минут после начала занятия. Иногда автор просто не понимал, чего от него хотят. Иногда автор не мог разобраться, что ему говорят по причине дефектной дикции лектора. Или не мог разобраться, что написано на доске по причине кошмарного почерка пишущего.

Таким образом, для эффективного донесения материала до студентов преподаватель, помимо знания самого материала, должен владеть способами его донесения до студента. Эти способы разрабатывает наука под названием дидактика (в случае, если способы не зависят от предмета изучения) или методика обучения (если способ зависит от

предмета изучения). У большинства выпускников вузов отношение к методике обучения химии настолько презрительное, что автору даже пришлось написать статью, оправдывающую её научность [1]. При этом, по глубокому убеждению автора, как дидактика, так и методика обучения любому предмету на любом уровне базируется на когнитивной психологии, которая показывает, в каких случаях и как информация усваивается, а в каких случаях и почему – не усваивается. На базовом уровне основные принципы когнитивной психологии были описаны автором в обзоре [2]. Увы, большинство российских дидактов и методистов не разделяют указанного убеждения автора, поскольку с когнитивной психологией не знакомы.

Здесь автор сначала рассмотрит некоторые распространённые проблемы, возникающие у студентов при изучении химии. Одновременно автор покажет способы их решения, которые основываются на знании когнитивной психологии и методике обучения. Убедив читателя в том, что когнитивная психология и методика обучения химии всё-таки нужна любому выпускнику, который собирается хоть что-то преподавать, автор предложит содержание минимально возможного курса, чтобы он сильно облегчил выпускнику дальнейшее преподавание предмета. И, наконец, предложит методические приёмы, чтобы данный курс был эффективно усвоен.

Ровно та же информация поможет не только для преподавания предмета студентам, но и для решения задачи, которая встает перед выпускниками химических вузов гораздо чаще: инструктирования персонала на производстве. Непонимание или нарушение инструкций имеет те же причины, что и неэффективная учёба, и решается теми же методами, что и повышение эффективности учёбы.

Студент на занятии по химии: примеры проблем

Проблема 1. Студент на лекции теряет нить повествования примерно через 10 минут и не может её вернуть. У автора такая ситуация возникала на лекциях по физической химии и квантовой механике.

Причина кроется в когнитивной психологии. Любая новая информация сначала поступает в рабочую память, ёмкость которой ограничена. Информацию в рабочей памяти мозг пытается отправить в долговременную память, связав её с той информацией, которая в ней уже хранится. Если мозг это сделать не успевает, наступает перегрузка рабочей памяти и дальнейшая информация не воспринимается.

Решение. Принципиально, что студенту нужно помочь уложить информацию в долговременную память, связав её с уже имеющейся информацией. В рамках лекции это можно сделать, периодически задавая вопросы в зал по только что изложенному фрагменту. Но более разумным представляется отказ от лекционного формата как неэффективного в пользу семинаров, «перевернутого класса» и других форматов, предполагающих диалог между преподавателем и студентом. «Живую» лекцию можно заменить видеозаписью, которую студент может выключить в тот момент, когда он теряет нить рассуждения. Но вопросы к такой лекции всё равно должны быть, возникать им следует непосредственно сразу после изложения материала. Обратите внимание: сама проблема может встретиться при изучении любого предмета, при этом как причина её возникновения, так и общие способы её устранения от предмета не зависят. То есть лежат в области дидактики, а не методики обучения химии.

Проблема 2. «Смотрим в книгу – видим фигу». Студент вообще не понимает, о чём этот материал, зачем он нужен и что с ним делать. Такая ситуация возникает у многих студентов химфака МГУ при изучении математического анализа, а у многих студентов нехимических специальностей – при изучении химии.

Причина опять-таки кроется в когнитивной психологии. Чтобы внешняя информация оказалась в рабочей памяти, она должна пройти через фильтр восприятия. А фильтр восприятия пропускает ту информацию, которую признаёт актуальной или которая связана с имеющимся опытом (то есть с содержимым долговременной памяти). Если информация для человека не актуальна и с имеющимся опытом не связана, она не проходит. Иными словами, информация должна со-

держат ответы на вопросы, которые человек хотя бы способен задать («лежать в зоне ближайшего развития учащегося»).

Решение – связать информацию с имеющимся опытом. Как это сделать – вопрос методики. Можно сказать, что у студентов нехимических специальностей обычно есть жизненный опыт взаимодействия с веществами на макроскопическом уровне («видели или держали в руках») но почти нет жизненного опыта их описания на символьном или структурном уровне (особенно если они не сдавали ЕГЭ по химии). А это значит, что начинать нужно с обсуждения макроскопических свойств веществ, релевантных жизненному опыту и профессиональной области студента, а не с глубин строения вещества. В более общем плане можно сказать, что курс должен постепенно отвечать на вопросы, которые студент может задать, и формировать новые вопросы, которые могут возникнуть у студентов.

Проблема 3. Студент получает инструкцию или задачу, читает её и не следует ей.

Причина. Одна из распространённых причин – студент не знает всех слов в инструкции. Например, в инструкции написано «налейте воду в пробирку», а студент не знает, что такое «пробирка». Проблема усложняется тем, что студенты часто не способны сказать, какое слово они не понимают. Выясняется это, когда преподаватель читает инструкцию со студентом, доходит до слов «возьмите пробирку», говорит студенту «возьмите пробирку», а студент, робко показывая на стакан, спрашивает: «Это?».

Решение. Отслеживать, чтобы студенты понимали слова в инструкциях. Если есть риск, что не понимают – вводить эти слова заранее и иллюстрировать картинками.

Проблема 4. Студент получает инструкцию и следует ей «не так». Например, наливает в пробирку слишком много жидкости. Или нагревает не то / не там / не той областью пламени / недостаточно долго / слишком долго.

Причина. В долговременной памяти эксперта в предметной области информация хранится в виде чанков – сложных взаимосвязанных структур. То есть каждый профессиональный термин связан ассоциативными связями с множеством других терминов и притом разнообразно представлен (словами, формулами, картинками, мышечными движениями и т. д.). Соответственно, при указании «что сделать» у эксперта по цепочке таких связей сразу возникает понимание «как сделать». Он не задумываясь наливает в пробирку нужный объём, должным образом держит её, греет там, где нужно и сколько нужно. У новичков таких чанков нет.

Решение. Постепенно развивать необходимые навыки. При первом их использовании подробно демонстрировать процесс, обращая внимание на тонкости, и следить, чтобы студенты не приносили ошибки, которые они непременно будут приносить.

Проблема 5. Студенту ставят задачу, а он в ответе выдаёт не то, чего от него хотел преподаватель.

Причина. Очень часто задачи, особенно практические, сформулированы так, что непонятно ни содержание решения, ни критерии оценивания его успешности. Например, при формулировке задачи «исследуйте взаимодействие хлорида железа с гидроксидом натрия» студент имеет полное формальное право смешать реактивы и сказать, что он их исследовал. А формулировка типа «обсудите возможные продукты взаимодействия гидроксида натрия с хлоридом железа» до сих пор вводит автора в ступор, потому что обсуждение предполагает как минимум одного собеседника. Если автор одиноко читает такую задачу в книжке, то воспринимает её как приглашение завести себе шизофреническое раздвоение личности.

Решение. Задачи следует формулировать так, чтобы было понятно содержание их решения и критерии успешности выполнения задания в зависимости от дидактической цели. Например, есть дидактическая цель – подвести студента к выводу, что при взаимодействии хлорида железа(III) и гидроксида натрия могут образовываться основные соли, а может – гидроксид железа(III). Тогда мы предлага-

ем, например, смешать растворы хлорида железа(III) и гидроксида натрия в разных соотношениях, записать наблюдения и на основании наблюдений выдвинуть предположение, какие вещества при каких соотношениях образуются. Второй вариант – формулировать не задачу, а тему для обсуждения с преподавателем или в группе. Например: «Давайте обсудим, какие вещества могут образоваться при взаимодействии хлорида железа(III) и гидроксида натрия при разных соотношениях компонентов».

Возможное содержание «ликбез-курса» по когнитивной психологии и методике обучения химии для студента химического вуза

Проблем, конечно, гораздо больше, но пять описанных встречаются наиболее часто и их решения наиболее очевидны. Теперь возникает вопрос: что минимально нужно знать/понимать/уметь выпускникам вузов, чтобы избежать значительной части проблем преподавания собственного предмета?

Как ни парадоксально, список не так уж велик. Его вполне можно уложить в семестровый курс по одной паре в неделю (а то и меньше). Представим его как содержание некоторого курса, который условно назовём «ликбез-курс».

Начинаем со списка **базовых презумпций**, непонимание которых обрекает преподавателя на провал в коммуникациях. В этом списке автор изменит своему принципу «подтверждать всё десятком ссылок на источники», ибо такое подтверждение для каждой строки списка – тема отдельной статьи.

- Студент – центральная фигура процесса обучения. Весь процесс обучения затевается ради студента, а не ради вуза, образовательных стандартов и т. п. И знание в конечном итоге формируется в голове у студента (хотя и может быть привнесено туда преподавателем [3]).
- Студент – субъект обучения. Он получает образование в своих интересах и по своей воле, а иначе – сопротивляется получению

образования. Эффективным будет только взаимодействие со студентом как с субъектом.

- Если все студенты учатся плохо, то это значит, что содержание и/или подходы, предлагаемые преподавателем, не соответствуют студентам. Поскольку менять студентов не во власти преподавателя, то придётся менять содержание и/или подходы.
- Студента имеет смысл учить только тому, что он усвоит за заданное время с заданными ресурсами. Эта идея кажется очевидной, но содержание многих программ по химии для нехимических специальностей ей явно противоречит. В результате студент не усваивает ничего.
- Провал процесса обучения – ситуация штатная и крайне распространённая даже для хороших преподавателей. Её нужно отслеживать (то есть понять, что студенты чего-то не усвоили); признать; понять, как исправить, или принять решение смириться; при появлении возможности – исправить; ожидать следующего провала. Провалы – ни в коем случае не повод для депрессии и разочарования в себе. А вот отсутствие провалов означает, что преподаватель что-то недосмотрел.
- Химия как наука решает две задачи: экспертную (что будет, если поставить вещество в те или иные условия) и конструктивную (как получить вещество с заданными свойствами). Обучение химии должно привести к тому, чтобы студент научился решать задачи этих двух типов для определённого круга веществ, условий и свойств, что зависит от специализации студента.

Поскольку базой для методики преподавания химии автор полагает **когнитивную психологию**, значительная часть содержания «ликбез-курса» следует посвятить этой области знаний. Собственно, содержание когнитивной психологии, достаточное для «ликбез-курса», автор изложил на шести страницах в [2]. Поэтому тут перечислим только основные термины.

- Модель когнитивной архитектуры Эткинсона-Шифрина: фильтр восприятия, рабочая память, долговременная память, петля обратной связи.
- Ёмкость рабочей памяти (7 ± 2 объекта).
- Чанк (сложный объект, который обрабатывается рабочей памятью как один).
- Когнитивная нагрузка (число объектов, которые необходимо удерживать в рабочей памяти для решения задачи): формальная и содержательная.
- Когнитивная перегрузка (ситуация, в которой познавательная нагрузка превышает ёмкость рабочей памяти, в результате чего задача не решается).

Любому преподавателю важно: а) открыть фильтр восприятия; б) отследить когнитивную нагрузку в процессе обучения; в) не допускать когнитивной перегрузки (в частности, обеспечивая переход информации из рабочей памяти в долговременную) и г) отследить, чтобы были сформированы все чанки, необходимые для решения задачи или усвоения новой информации. Если эту необходимость осознать, то на базовом уровне этому можно научиться довольно быстро.

Поскольку обучение регулярно проваливается, эти провалы нужно быстро выявлять и устранять. Для этого остро необходима **обратная связь**, причём как от преподавателя к студенту («правильно ли я понял»), так и от студента к преподавателю («правильно ли он понял»). Обратная связь должна быть максимально плотной. О некоторых приёмах её организации мы писали [4]. Базовые приёмы организации обратной связи – необходимый компонент «кликбез-курса».

Химия, как и любая другая наука, строит модели. Один и тот же объект может быть смоделирован по-разному: в виде текста, статичной картинки, движущейся картинки, формулы и так далее. Все эти способы моделирования называются **образами** (*representations*) [5]. Причём образы бывают внешними (в книгах и прочих источниках информации) и внутренними (в голове у студента). Умение переходить между разными образами называется **образной компетенцией** (*repre-*

sentational competence) [6]. Проблемы в понимании часто возникают, если образы студента неадекватны или преподаватель предъявляет ему образы, которые не находят связи в долговременной памяти. Соответственно, есть ряд приёмов работы с образами (выявления, формирования, исправления, использования), которым нужно научиться в рамках «ликбез-курса».

В голове студента содержится множество моделей, часть которых имплицитна (то есть не осознаётся в явном виде). Эти модели могут быть как адекватными (хоть в каких-то рамках), так и неадекватными. Такие модели называются **заблуждениями** (*misconceptions*) [7]. Пример заблуждения – представление о том, что в пузырьках кипящей воды содержится воздух. Часто заблуждения мешают усваивать новые знания. Даже если модели корректны в ограниченной области, прочно засев в голове, они затрудняют их модификацию (такие модели лучше всего называть **консервативными моделями**, хотя у них есть и другие названия). Так, представление об основании как веществе, формула которого заканчивается на «ОН» затрудняет понимание основных свойств аммиака, зато провоцирует на приписывание основных свойств спиртам. Процесс замены заблуждений и консервативных моделей называется «концептуальными изменениями» (*conceptual change*) [8]. Соответственно, с заблуждениями и консервативными моделями тоже нужно уметь работать, то есть выявлять их и проводить их замену. Этой теме тоже следовало бы коснуться в «ликбез-курсе».

Вещество может быть рассмотрено с трёх аспектов: макроскопического (как оно выглядит), микроскопического (как оно устроено) и символического (как мы его описываем). Для понимания свойств веществ нужно сформировать связь между этими аспектами (все три аспекта во взаимосвязи называются **треугольником Джонстона** [9]). Одновременное формирование всех трёх связей перегружает рабочую память. Соответственно, налаживание связей между ними требует своих методических приёмов, которым нужно научиться в рамках «ликбез-курса».

Из вышеописанных когнитивных моделей и теорий следуют **работающие приёмы обучения**, или, как их называют за рубежом, хорошие практики (*good practices* или *best practices*). Ни один из этих приёмов не универсален – какие-то лучше работают в одних ситуациях, какие-то – в других. На «ликбез-уровне» представляется достаточным, чтобы студенты знали о сути и представляли границы следующих приёмов:

- Интерактивная лекция (*interactive lecture*): лекция, в течение которой лектор постоянно задаёт слушателям вопросы по только что изложенному материалу и в некоторых случаях даже организует их обсуждение.
- Сопровождаемое исследование (*guided inquiry*): работа по инструкции, из которой следует, что делать, на что смотреть и на какие вопросы ответить.
- Поддерживающее обучение (*scaffolding learning*): студенты сначала подробно отрабатывают определённые навыки, после чего отработка становится менее подробной, а в конце концов эти навыки просто используются.
- Рабочие примеры (*working examples*): студент решает задачу, имея перед глазами образец решения аналогичной задачи.
- Групповое обсуждение (*group discussion*): решение задачи обсуждается в группе.
- Перевернутый класс (*flipped classroom*): студенты вместо лекции самостоятельно читают учебник или смотрят видеолекцию, а на занятии решают задачи на основе изученного материала. Интересно, что этот метод использовал ещё Г.И. Гесс в 1830-х годах, о чём прямо писал: «Я не читаю ... лекций, но заставляю учащихся пройти назначенный им предмет по книге. В следующее собрание обращаюсь к ним с вопросами о пройденных ими статьях и объясняю их приличными опытами» [10].
- Когнитивный конфликт (*cognitive conflict*), он же – проблемная ситуация: студентам предъявляют результаты эксперимента,

противоречащие имеющимся у него знаниями, чтобы ввести новые теории.

- Карта понятий (*cognitive map*): студенты рисуют схему известных им понятий по теме, отмечая взаимосвязи между ними.

Этот список не претендует на полноту и исключительность и (как и вся статья) скорее призван послужить затравкой к обсуждению.

Содержимое «кликбез-курса» логично было бы излагать не сплошной лекцией, а доводить до студентов в форме тех самых работающих приёмов – чтобы студенты осваивали эти приёмы на себе.

Автор не вёл предложенного курса в целостном виде, хотя использовал отдельные его компоненты в самых разных аудиториях. Также при обсуждении педагогических проблем с коллегами автору в большинстве случаев было достаточно довести до собеседника ту информацию, которая изложена выше. Именно этот опыт и определил тот минимум, который предлагает автор.

Уже в процессе написания этой статьи автор узнал о том, что на химфаке МГУ открыта межкафедральная специализация «Теория и методика обучения химии» (см. статью С.С. Карлова и И.А. Тюлькова в данном сборнике). Открытие этой специализации можно только приветствовать хотя бы как инструмент для наработки соответствующего опыта. При этом специализация открыта для студентов, нацеленных на работу в школе, но таких студентов всего восемь. Увы, проблему уровня преподавателей вузов эта специализация не решает. Равно как не решает проблему умения выпускников инструктировать персонал. Элективный курс «Основы педагогического мастерства учителя химии» тоже не решает эти проблемы, поскольку тоже заточен на ознакомление с работой учителя в школе. Кроме того, содержание как специальных курсов, так и элективного курса явно требует обсуждения. В них много разумного, но, например, вызывает удивление, что элективный курс на две трети состоит из лекционных занятий, хотя существует масса других, более эффективных форматов

обучения. Также вызывает огорчение, что в перечне специальных курсов отсутствует когнитивная психология.

Выводы

Для эффективного преподавания химии, равно как для эффективного инструктирования персонала, одного знания предмета недостаточно: необходимо владеть методикой его преподавания. Этой методике студентов никто не обучает.

Автор полагает, что для сильного облегчения работы выпускников достаточно некоторого «ликбез-курса», в котором студенты усвоят:

- базовые презумпции преподавания;
- основы когнитивной психологии и её использованию в преподавании химии;
- важнейшие приёмы организации обратной связи в процессе обучения;
- приёмы работы с образами и треугольником Джонстона;
- приёмы работы с заблуждениями и консервативными моделями;
- «хорошие практики», то есть реально работающие приёмы обучения.

При этом курс можно (и нужно) проводить не в формате лекций, а с использованием широкого спектра «хороших практик». Этот курс поможет выпускникам не только преподавать свой предмет, но и инструктировать линейный персонал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилин Д.М. Методика обучения химии как наука // Естественное образование: вектор развития. – М.: МГУ, 2015. С. 88–106.
2. Жилин Д.М. Когнитивная психология: ключ к решению некоторых проблем преподавания химии // Первое сентября. Химия. 2015. Октябрь. С. 3–8.
3. Жилин Д.М. Инструктивизм и конструктивизм – диалектически противоположные стратегии обучения // Педагогика. 2011. № 5. С. 26–36.
4. Жилин Д.М. Оценивание как средство формирования обратной связи в процессе обучения // Естественное образование: проблемы оценки качества. Методический ежегодник химического факультета МГУ имени

М.В. Ломоносова. Т. 14 / под общ. ред. проф. Г.В. Лисичкина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2018, С. 81–98.

5. *Gilbert J.K. and Treagust D.F.* (ed.). Multiple Representations in Chemical Education. Dordrecht: Springer, 2009.

6. *Daniel K.L.* (ed.) Towards a Framework for Representational Competence in Science Education. Dordrecht: Springer, 2018.

7. *Жилин Д.М.* Заблуждения в химии – объект борьбы или вехи обучения? // Естественнаучное образование: вызовы и перспективы. – М.: МГУ, 2013. С. 171–191.

8. *Treagust D., Duit R.* Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. // *Cultural Studies of Science Education*, 2008, 3(2):297-328

9. *Johnstone, A.H.* Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. // *Journal of Computer Assisted Learning*, 1991, 7(2), 75–83.

10. *Гецс Г.И.* Основания чистой химии, сокращенные в пользу учебных заведений. Санкт-Петербург. 1834. Цит. по Телешов С.В., Аршанский Е.Я., Телешова Е.В., Мирюгина Т.А. Исторический путь методики обучения химии: от истоков до устья // Материалы XXV национальной научно-практической конференции с международным участием «Естественнаучное образование в общеобразовательной школе – 2019» (Купишкис, 26–27 апреля 2019). С.111–133. – URL: <https://oaji.net/articles/2019/1984-1555741532.pdf>.