

Д. М. Жилин,

Политехнический музей, Москва

ВОПРОСЫ В ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНИКАХ ПО ХИМИИ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация

В статье на основании принципов когнитивной психологии показано, что вопросы в электронных образовательных ресурсах должны играть не столько контролируемую, сколько обучающую роль. Предложено разбивать информационные блоки вопросами на их понимание, причем вопросами разных типов (в том числе с открытым ответом). Обсуждаются алгоритмы проверки вопросов с открытым ответом и программная реакция на стандартные ошибки учащихся.

Ключевые слова: вопросы, ЭОР, когнитивная психология, химия.

За последние десять лет в России выпущено довольно много электронных образовательных ресурсов (ЭОР) вообще и электронных учебников в частности. К сожалению, подавляющее большинство имеющихся ресурсов используют лишь малую долю возможностей информационных технологий. Из-за этого ЭОР мало востребованы. Так, за январь—ноябрь 2013 г. из Федеральной коллекции цифровых образовательных ресурсов было скачано всего 1,5 млн электронных учебных модулей по всем предметам [6] — в среднем один модуль на девять учащихся [5].

На наш взгляд, основная проблема, которая не позволяет полно задействовать возможности информационных технологий в ЭОР, это «бумажный» подход к ним. Сам по себе перевод заданий с бумажного носителя на мультимедиа не дает ничего для улучшения результатов обучения [9]. Но в большинстве ЭОР мы видим всего лишь перенесение бумажного текста в цифровой формат, иногда — со вставкой небольшого количества гиперссылок. При этом их увеличение было бы тупиковым путем развития ЭОР, ибо, начиная с некоторого момента, они затрудняют обучение [22]. Для того чтобы гипертекст способствовал обучению, он должен быть организован принципиально иначе, чем «бумажный» текст [31].

На наш взгляд, наиболее тяжелая ситуация в электронных образовательных ресурсах сложилась с вопросами. И здесь можно выделить три группы проблем:

- расположение вопросов в ресурсе;
- типы вопросов;

- автоматическая реакция на ответы школьников.

Ниже мы обсудим эти три проблемы и пути их решения. Они базируются на когнитивной психологии, которая вряд ли знакома большинству читателей и основы которой мы здесь вкратце изложим.

Основы когнитивной психологии

Для более подробного обсуждения места вопросов в электронном образовательном ресурсе следует кратко остановиться на когнитивной психологии и теории познавательной нагрузки. Согласно модели R. S. Atkinson, R. M. Shiffrin [8] с некоторыми изменениями (излагается по [24]), основную роль в познании играет память (рис. 1). Она делится на рабочую (working) и долговременную (long-term).



Рис. 1. Когнитивная архитектура человека (по [8, 24])

Контактная информация

Жилин Денис Михайлович, зав. лабораторией химии Политехнического музея, Москва; адрес: 115280, г. Москва, ул. Восточная, д. 4; телефон: (495) 730-54-38; e-mail: zhila2000@mail.ru

D. M. Zhilin,
Polytechnical Museum, Moscow

QUESTIONS IN EDUCATIONAL SOFTWARE IN CHEMISTRY: CAN IT BE A TEACHING TOOL?

Abstract

The article argues that questions in educational software should be a teaching tool rather than an assessment tool. The information blocks should be divided by questions of various types. The algorithms of revising open answer questions and automatic reaction on common mistakes are discussed.

Keywords: educational software, design, cognitive psychology, cognitive load theory, chemistry.

Любая информация сначала проходит через фильтр восприятия, который отсекает лишнее. Информация, прошедшая через фильтр, попадает в рабочую память. Там она перерабатывается и отправляется в долговременную память. Емкость рабочей памяти (т. е. число объектов, которыми она может оперировать) ограничена (семь плюс/минус два объекта) [21].

Емкость долговременной памяти практически бесконечна, а время хранения информации в ней сопоставимо со временем человеческой жизни. Информация в долговременной памяти структурирована. Чем больше взаимосвязей между отдельными фрагментами информации, тем полнее ее понимание — и тем в большей степени человек может считаться экспертом. Правильная схематизация знаний и отработка механизмов их использования и есть основной путь обучения в соответствии с когнитивными теориями.

При необходимости информация из долговременной памяти снова извлекается в рабочую. Если объект в долговременной памяти хорошо структурирован, рабочая память оперирует им как единым целым. Сам объект (его называют «чанк») при этом может быть сколь угодно сложным, что позволяет обойти ограничение рабочей памяти и решать сложные задачи.

Информация, содержащаяся в долговременной памяти, управляет также фильтром восприятия (петля обратной связи). Фильтр восприятия пропускает только ту информацию, которую воспринимает как существенную на основе содержимого долговременной памяти. В результате чем больше человек знает, тем легче ему учиться.

Таким образом, при обучении следует:

- а) открыть фильтр восприятия;
- б) оптимально загрузить рабочую память, ни в коем случае не перегрузив ее;
- в) сформировать в долговременной памяти чанки, объединяющие разные объекты.

Нагрузкой на рабочую память занимается теория познавательной нагрузки (Cognitive Load Theory), основы которой заложены Дж. Швеллером [28]. В первую очередь нагрузка на рабочую память определяется глубиной взаимосвязи элементов материала [23]. Такую нагрузку будем называть собственной (intrinsic). Независимые элементы можно изучать отдельно друг от друга. Однако, чтобы понять *элементы* материала с высокой степенью взаимосвязи, их нужно рассматривать все вместе.

Однако существует еще и внешняя (extraneous) познавательная нагрузка, которая определяется не содержанием материала, а его организацией. Она может быть обусловлена двумя факторами: расщеплением внимания (split attention) и отвлечением (redundancy).

Расщепление внимания возникает, если взаимосвязанные материалы физически разделены. Тогда человек вынужден тратить время на поиск информации, которую он должен связать с конструируемой схемой. Типичный пример расщепления внимания — поиск незнакомого слова в словаре или подписи к детали рисунка. Расщепление внимания катастрофически затрудняет обучение, что подтверждается огромным количеством экспериментов [12,

14]. Чтобы этого избежать, взаимодействующие элементы должны поступать в рабочую память одновременно [29]. Их следует рассматривать и учить без ссылок на какие-то внешние элементы. Иными словами, *вся необходимая для ответа на вопрос информация должна содержаться либо в самом вопросе, либо рядом с ним.*

Отвлечение возникает, если, наоборот, рядом находятся неважно связанные материалы [30], и также затрудняет обучение. Обилие информации, которое уже известно учащемуся, — одна из причин отвлечения, вызывающая эффект «обратного влияния мастерства» (expertise reversal effect), в результате которого мастера делают в простых заданиях больше ошибок, чем новички [14].

Место вопросов

К сожалению, в российской литературе роли вопросов в ЭОР практически не уделяется внимания. Если говорить о практике, то в большинстве электронных учебников вопросов либо вообще нет [2], либо они вынесены в отдельный раздел и никак не связаны с текстом учебника [3]. Последнее означает, что вопросы рассматриваются исключительно как средство контроля знаний.

На Западе на основе изложенных выше принципов когнитивной психологии разработана теория мультимедийного обучения Р. Е. Майера [17, 18]. Однако она больше касается организации взаимодействия текста, картинок и анимаций (например, из нее следует, что анимация должна сопровождаться звуком, а не текстом). Роль вопросов в западных теориях мультимедийного обучения также не поднимается.

Сам же Майер признает [16], что осмысленное обучение (в том числе и с использованием мультимедиа) требует активной обработки полученной информации, включающей:

- выделение значимой информации;
- ее организацию в связанное умственное представление;
- связывание его с имеющимися знаниями.

Между тем, именно вопросы способны запустить процессы обработки полученной информации, структурируя ее в долговременной памяти. Однако эта роль вопросов находится на периферии внимания как российских, так и зарубежных педагогов. Так, D. McAllister, R. M. Guidice [19] оставляют за тестированием только две роли: стимулирования студентов к учебе ради получения высоких оценок и оценки результатов процесса обучения учителем. Roediger и др. [27] добавляют к ним отслеживание студентами пробелов в своих знаниях и только за заданиями с открытым ответом признают их роль в организации информации (без всякого отношения к когнитивной психологии).

С другой стороны, H. L. Roediger, A. C. Butler [26] признали, что факт *извлечения* информации из памяти играет не менее важную роль в обучении, чем факт ее *получения*. Именно вопросы способствуют ее извлечению, поэтому вопросы в ЭОР должны быть. При этом, во избежание эффекта расщепления внимания, вопросы должны находиться как можно ближе к той информации, на обра-

ботку которой они направлены. Более того, в ЭОР должны быть четко выделены блоки, к которым относится данный вопрос.

Типы вопросов

Вопросы в электронных учебниках и, шире, в ЭОР чаще всего сводятся к наследию бумажного века — заданиям с выбором ответа. Такая же ситуация в зарубежных образовательных ресурсах. Только такие вопросы содержит ФЦИОР и некоторые другие ЭОР. Кроме того, тесты ФЦИОР никак не привязаны ни к каким учебникам, которые используются в школах. Вполне возможно, что этим объясняется крайне низкая популярность этих тестов: за все время существования ФЦИОР максимальное количество скачиваний одного теста по химии составило 2367, а чаще не превышает 800 [7] (на 45 тысяч школ).

Между тем вопрос о положительном влиянии тестов с выбором ответа на знания учащихся до сих пор остается нерешенным. Так, E. J. Marsh и др. показали [15], что решение тестов с выбором ответа позволяет школьникам и в дальнейшем лучше решать тесты с выбором ответа. Однако непонятно, причиной этого является улучшение знаний или освоение приемов угадывания правильного ответа. Этим вопросом задались M. A. Mcdaniel и др. [20]. Давая вопросы на определения и применение принципов, они выяснили, что вопросы на применение принципов впоследствии улучшают результаты учащихся как в других вопросах на применение принципов, так и в вопросах на определения. А вопросы на определения не улучшают результатов в вопросах на применение принципов. Эти результаты говорят в пользу версии о том, что некоторые тесты с выбором ответа способствуют пониманию предмета, однако ничего не говорят о том, являются ли такие тесты наиболее эффективными. С другой стороны, неоднократно писалось [10, 15, 25 и др.], что неправильные альтернативы в тестах с выбором ответа остаются в памяти учащихся как правильные, формируя неправильные знания. Таким образом, *тесты с выбором ответа можно считать средством контроля знаний, но вряд ли их можно считать оптимальным средством обучения.*

Помимо вопросов с выбором ответа в российских и зарубежных ЭОР реализованы вопросы:

- типа правда/неправда/нет данных;
- с выбором множества ответов;
- на установление соответствия;
- на установление последовательности;
- на распределение по группам;
- с открытым ответом.

Небольшое количество таких заданий встречается в Единой коллекции цифровых образовательных ресурсов [1]. Там даже даются задания с развернутым ответом, но они не проверяются автоматически.

Роль вопросов такого рода в обучении, однако, практически не исследована, в отличие от роли тестов с выбором ответа. Именно поэтому такого рода вопросы нужно вводить в ЭОР и отслеживать результат (возможно, даже в сетевом автоматическом

режиме, т. е. обезличенные данные о результатах должны передаваться по сетям на некий центральный сервер). Но и без автоматического отслеживания результата современные компьютерные технологии позволяют решить основную проблему любого рода вопросов (особенно с открытым ответом) — неоднозначность правильных ответов. Квалифицированный автор ЭОР может предугадать большую часть возможных правильных ответов и заложить их в программу. Более того, можно создать алгоритмы автоматической генерации таких вопросов (например, задач типа «найдите массу одного компонента реакции по массе другого») и их проверки. Либо же ставить правильность ответа на один вопрос в зависимость от ответа на другой («Приведите пример неметалла»... «запишите уравнение реакции этого неметалла с натрием»). Написание технического задания для этого является не более чем технической проблемой, но зато существенно расширяет номенклатуру вопросов.

Реакция на ответы

Помимо самих вопросов необходима реакция на ответы. Коль скоро вопрос предназначен для структурирования небольшого объема информации в рабочей памяти, реакция на ответ должна быть немедленной. Это подтверждается в работе [13]: студенты, немедленно получившие обратную связь (неважно, каким путем — автоматически или с помощью учителя), потом сдавали экзамен гораздо лучше, чем получившие обратную связь после тестов или с двадцатичетырехчасовой задержкой. A. C. Butler, H. L. Roediger [11] показали, что обратная связь (сразу после ответа на вопрос или после теста) снижает вероятность формирования неправильных знаний в тестах с выбором ответа.

Таким образом, реакция на ответы должна быть немедленной. Но этого мало: современные программы позволяют не ограничиваться реакцией типа «правильно/неправильно», но дают возможность указывать учащемуся, если он совершил какую-либо стандартную ошибку (а таких ошибок, по нашему многолетнему опыту проверки ученических работ, — около 90 %). Например, если при решении относительно простой расчетной задачи (такой, как «посчитать массу вещества, зная его плотность и объем») школьник перепутает числитель и знаменатель, он получит вполне определенное число, и по этому числу можно понять, что он перепутал числитель и знаменатель. Автоматическая реакция на стандартные ошибки требует большого объема работы от разработчика технического задания (он должен предусмотреть как можно больше стандартных ошибок, их результатов и прописать реакцию программы на эти ошибки) и программистов, но единожды проделанная эта работа облегчит самостоятельную подготовку огромному количеству учащихся.

Наши разработки

Вышеизложенные соображения мы использовали при создании электронного учебника «1С:Химия». В нем текст с иллюстрациями и анимациями

разбит вопросами, причем вопросы следуют через каждые два-три абзаца. Вся необходимая для ответа на вопрос информация содержится в предыдущих абзацах.

Вопросов с выбором ответа в учебнике «1С» очень мало. Имеющиеся вопросы с выбором ответа требуют выбора в большом количестве блоков (рис. 2).

Пользуясь принципом «подобное в подобном», заполните таблицу, указав, хорошо ли данное вещество может растворяться в данном растворителе.

Растворенное в-во	Растворитель	Вода H ₂ O	Гексан C ₆ H ₁₄
Дихромат калия K ₂ Cr ₂ O ₇		выберите	выберите
Парафин C ₂₀ H ₄₂		Хорошо	выберите
Серная кислота H ₂ SO ₄		Плохо	выберите
Четыреххлористый углерод CCl ₄		выберите	выберите
Бром Br ₂		выберите	выберите

Рис. 2. Вопросы с выбором ответа

Чаще всего используются задания с открытым ответом, причем многие из них предполагают несколько вариантов правильного ответа (в простейшем случае: «растет» и «повышается»). Причем в ответе часто требуется написать уравнение реакции, и инструменты электронного учебника позволяют это сделать (рис. 3). Если в ответе требуется уравнение реакции, любые перестановки формул продуктов или реагентов в нем засчитываются как правильные.

Запишите молекулярное уравнение реакции CuCl₂ с AgNO₃. Если в реакции выделяется газ или выпадает осадок, обязательно поставьте соответствующий значок.

$$\text{CuCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = 2\text{AgCl} \downarrow + \text{Cu(NO}_3)_2$$

Рис. 3. Инструменты электронного учебника для записи уравнения реакции

Также широко используются задания на установление соответствия (часто — неоднозначного), упорядочение, выбор многих из многих, группировку объектов.

В качестве исходной информации часто используются видеозаписи экспериментов или фотографии (рис. 4).

- Кроме того, предлагаются новые типы вопросов:
- «подчеркните» (рис. 5);
 - «выделите фрагмент на структурной формуле» (рис. 6).

Соедините стрелками тип кристаллической решетки и ее модель.

Атомная	Решетка магния
Молекулярная	Решетка I ₂
Ионная	Решетка SiO ₂
Металлическая	Решетка CaCl ₂

Рис. 4. Пример вопроса с использованием фотографий

Перед вами формула одного из наиболее известных комплексных соединений — красной кровяной соли K₃[Fe(CN)₆]. Отметьте комплексную частицу красным карандашом, центральный ион синим карандашом, лиганд зеленым карандашом, внешнюю сферу желтым карандашом.

Комплексная частица: K₃[Fe(CN)₆].
 Центральный ион: K₃[Fe(CN)₆].
 Лиганд: K₃[Fe(CN)₆].
 Внешняя сфера: K₃[Fe(CN)₆].

Рис. 5. Задание типа «подчеркните»

На приведенной формуле масляной кислоты отметьте все атомы, относящиеся к углеводородному радикалу.

$$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{O} \\ & | & & | & & | & & // \\ \text{H} & - \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} \\ & | & & | & & | & & \backslash \\ & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{O} - \text{H} \end{array}$$

Рис. 6. Задание на выделение фрагмента на структурной формуле

Мы надеемся, что такая организация и такое многообразие вопросов в разработанных нами электронных образовательных ресурсах позволят использовать вопрос не столько в качестве средства контроля, сколько в качестве средства обучения, тем самым делая процесс обучения более эффективным.

Литературные и интернет-источники

1. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. Интерактивные задачи по химии. [http://school-collection.edu.ru/catalog/rubr/c954277b-ff0a-4db8-3bd0-81f1c77802a6/?interface=pupil&class\[\]=51&subject\[\]=31](http://school-collection.edu.ru/catalog/rubr/c954277b-ff0a-4db8-3bd0-81f1c77802a6/?interface=pupil&class[]=51&subject[]=31)

