

© Юлий Мурашковский

Свобода выбора в науке

РАЗДАТОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ИЗ УСТАНОВОЧНОГО ДОКЛАДА Ю. МУРАШКОВСКОГО НА КОНФЕРЕНЦИИ ЛОТ «УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕШАТЕЛЬ»-2002

Это материал двухчасового круглого стола, который был проведен в рамках 2-й Гомельской конференции ЛОТ (лаборатории образовательных технологий). Материал обработан с учетом ответов участников круглого стола. Затем из него сделаны далеко идущие выводы (не без предварительного замысла).

1. Игра в классиков

Круглый стол проводился в виде деловой игры. **Задача** игры: «прожить» с участниками фрагмент истории химии с конца 16 века до конца 18.

Цель: проверить возможности перехода из одной парадигмы в другую. **Рабочая гипотеза** при подготовке: перейти из одной парадигмы в другую, даже владея ТРИЗ крайне трудно.

Участникам были предложены следующие условия работы:

- Не пользоваться никакими понятиями и моделями, кроме тех, которые даны изначально или получились и сформулированы в процессе работы.
- Не пользоваться иной терминологией, кроме той, которая будет названа в ходе работы.
- Не использовать свои знания. Прежде чем высказать идею, проверить, решает ли она поставленную задачу, или просто вспомнилась из курса химии.

Время	Предшествующие понятия, события и пр.	Новые события и вопросы	Комментарии, ответы.
16-17 вв.	«Новая наука» отбросила аристотелевские и схоластические объяснения, которые сводились к сущностям материальных тел. На рассуждение о камне, который упал потому, что его «природа» движет его		При работе с непривычными для нас понятиями тех времен следует пользоваться тем же правилом, что и при изучении иностранных языков: ни в коем случае не переводить на современные понятия. Просто стараться «вжиться». Если употребляется термин «земли», то не надо искать его современный

	по направлению к центру Вселенной, стали смотреть лишь как на тавтологичную игру слов. С этого времени весь поток сенсорных восприятий, включая восприятие цвета, вкуса и даже веса, объяснялся в терминах протяженности, формы, места и движения мельчайших частиц, составляющих основу материи.		эквивалент. Тогдашний термин «кислоты» тоже не имел отношения к современному смыслу этого слова.
		Почему опиум успокаивает нервы? Дать ответ в рамках «новой науки»	Контрольный ответ: сферическая форма частиц опиума дает им возможность успокаивать нервы, по которым они распространяются.
	Тела весомые смешивались с «невесомыми» (то есть теплотой, светом и пр.), присоединение тела могло уменьшить вес, отделение — увеличивать, и так далее. Вес не является существенным параметром.		
	Все методы, как всегда, делятся на научные и ненаучные. Взвешивание относится к ненаучным методам.		
1630	Все состоит из корпускул, все явления объясняются движением, столкновением, сцеплением корпускул.	Книга Декарта закрепила корпускулярную парадигму.	
	Мерой количества материи является число корпускул.		
	Химические реакции — это процессы перераспределения корпускул,		

	процессы превращения вещества.		
	В результате химических реакций меняется цвет, объем, плотность и другие параметры ингредиентов.		
	Оптика — механика корпускул света.		
	Теплота — механика корпускул тепла.		
	Кроме «весомых» тел есть еще «невесомые». Это флюиды. Если есть явление, не связанное с материальным телом, то есть и флюид, который реализует это явление. Есть тепло — значит есть флюид тепла — теплород. Есть горение, значит есть флюид горения — флогистон.		
		<p>1. Почему тела горят?</p> <p>2. Почему металлы имеют намного больше общих друг с другом свойств, нежели их руды?</p> <p>3. Почему, если окисление происходит в ограниченном объеме воздуха, этот объем уменьшается?</p>	<p>Контрольные ответы:</p> <p>1. Потому, что они богаты флогистоном.</p> <p>2. Металлы полностью состоят из различных элементарных земель, соединенных с флогистоном, а поскольку флогистон содержится во всех металлах, постольку он создает общность свойств.</p> <p>3. Флогистон высвобождается при нагревании, которое «портит» упругость воздуха, абсорбирующего флогистон, точно так же, как огонь «портит» упругость стальной пружины.</p>
	Опыты, подтверждающие теорию флогистона: при горении древесины, свечи и т.п. вес вещества уменьшается. Некоторые вещества при горении практически исчезают. Другие вещества		Обратим внимание: хотя взвешивание не является научным методом, его результаты могут в ряде случаев иллюстрировать и даже считаться доказательством модели. Здесь не больше нелогичности, чем в современной науке.

	просто не горят.		нелогичности, чем в современной науке.
	Арабские химики установили, что некоторые металлы в процессе прокаливании увеличивают свой вес.		Средневековое христианство уничтожило все, связанное с античной наукой. К счастью, ряд античных трудов попал к арабам. В Европу античная наука вернулась через арабских алхимиков. Они считались авторитетными учеными.
	Высказаны отдельные предположения, что при прокаливании металлы могут присоединять какой-то ингредиент из воздуха.	Что мешает нам сделать тот же вывод?	Контрольный ответ: Это объяснение не было необходимым. Если меняется цвет или объем, то почему не может меняться вес? К тому же такие опыты оставались отдельными.
		Создание воздушного насоса и применение его в химии.	
Нач. 18 века.	Известно только два состояния вещества — твердое и жидкое. Некоторые вещества при нагревании выделяют флюиды.		Флюиды — это невесомые жидкости. Флюид тепла, света, горения. Самый распространенный упругий флюид — воздух. Это, к тому же, элемент. Так же, как и вода.
	Две пробы воздуха могут различаться только благодаря различному содержанию загрязняющих примесей.		
	Массовое открытие новых элементов и соединений.		
	Среди идей, которые всегда «виртуально» существуют в научном пространстве, промелькнула такая: элемент воздух, возможно, является активным участником химических реакций.		Скорее всего, речь еще не шла о чисто химическом взаимодействии. Вероятнее, имелось в виду такое же взаимодействие, как и между веществами и флогистоню Воздух, все-таки, такой же флюид.
1756		Джозеф Блэк выделяет из воздуха некий «тяжелый воздух».	Научно объяснить, что это такое пока не удалось.

	Появляется еще одна «виртуальная» идея: возможно, воздух имеет какие-то части.		
		Кавендиш, Пристли и Шееле разрабатывают приборы, позволяющие отличать одну пробу воздуха от другой.	
1772		Лавуазье показывает, что сера и фосфор при сгорании увеличивают свой вес. Он объясняет это соединением с частью воздуха.	
		Шведский аптекарь Шееле проводит серию опытов, пытаясь «дефлогистировать» теплоту. Он получает некий новый флюид.	
1774.		Лавуазье прокаливает олово и показывает, что вес прибора не изменился. Олово превратилось в «землю», его вес увеличился ровно настолько, насколько уменьшился вес воздуха в приборе.	
		Английский ученый и богослов Джозеф Пристли, нагревая красную землю ртути, получил странный газ, который отличался от воздуха, но не отличался от него.	Существовала общепринятая научная процедура проверки воздуха на «доброкачественность» (см. приложение 1). По этой процедуре «воздух» Пристли не отличался от любого другого.
		Объясните происхождение и сущность нового газа.	Контрольный ответ: земля ртути, превращаясь в металл, отнимает у воздуха флогистон, остается «дефлогистированный воздух». При сгорании же ртуть выделяет флогистон: получается «флогистированный воздух». С этой точки зрения воздух является однородной материей, которая, однако, может превращаться в один газ, выделяя флогистон, или в другой газ, насыщаясь флогистоном.

1775		Пристли повторяет опыт, и полученный газ считает «дефлогистонированным воздухом».	
	Этот и подобные опыты заставляли решать «головоломки», чтобы вписать их в теорию флогистона. В результате возникло множество вариантов теории флогистона (см приложение 2).		«Головоломками» Томас Кун назвал проблемы, которые возникают, когда парадигма сталкивается с новыми фактами. Решая «головоломки», ученые согласуют парадигму с этими фактами. Таким образом парадигма сохраняется и развивается.
	Весы все чаще начинают применяться для химических опытов.		Взвешивание еще не является официально-научной процедурой — для этого нет теоретического обоснования, но интерес вызывает.
	Развитие химии газов потребовало методов сохранения газообразных продуктов реакций.		
	Число случаев увеличения веса при прокаливании растет.		
	Входит в обиход теория Ньютона. Вес начинают осознавать как меру количества материи.		Вот теперь появилась научная основа для взвешивания.
			Ньютоновская парадигма не была нужна химикам. Но она попала к ним через астрономов. Поскольку астрономы были членами научного сообщества, причем уважаемыми членами, теория Ньютона была принята химиками без слишком больших проблем.
	Появляются работы, в которых проблема увеличения веса при прокаливании становится основной.		Накопилось слишком много сообщений об этом, чтобы их игнорировать.
		Лавуазье повторяет опыт Пристли, но газ считает воздухом, «более пригодным для дыхания».	

1776		Лавуазье переосмысляет полученный газ, как атомарный элемент кислотности. Отдельный газ получается только когда этот «элемент» соединяется с флогистоном.	Есть явление — есть и его корпускулы, элементы. Явление кислотности химикам было известно. Они вправе были ожидать и его элемент.
1777		Лавуазье: полученный газ не воздух, а часть воздуха.	
	Ньютоновское тяготение не поддавалось корпускулярному объяснению. Постепенно возникло понимание, что тяготение является «внутренней силой природы». Возрождались схоластическая концепция. К протяженности, времени, месту и движению, как к первичным свойствам материи добавились еще и силы притяжения и отталкивания.		
	Между химическими веществами существуют дифференцированные силы притяжения — сродство. Не у всех веществ и не со всеми.	Начались массовые эксперименты по поискам сродства. Все смешивалось со всем. Составлялись списки и таблицы сродства.	
		Лавуазье разрабатывает весовой метод (см. приложение 3).	
	Шееле издает трактат о воздухе, в котором среди прочего доказывает, что два весомых элемента — «огненный воздух» и флогистон, — соединяясь, дают невесомую материю, которая проходит сквозь стенки сосуда и исчезает в виде теплоты и света.	Как с позиций Шееле можно объяснить результаты опытов Лавуазье по прокаливанию олова?	При прокаливании олова из него выделяется флогистон. Вес олова при этом может и увеличиться — ничего необычного в этом нет. Но выделившийся флогистон соединяется с «огненным воздухом», который есть в воздухе. Получается невесомая материя, которая уходит через стенки прибора. На сколько увеличился вес прокаленного олова, столько же флогистона и огненного воздуха

			ушло из прибора в виде «невесомой материи».
		Что общего есть во всех химических процессах, если стать на точку зрения Лавуазье?	Все известные на то время химические процессы — горение и прокалывание — связаны с этой «частью воздуха» — элементом кислотности.
		Нагревая землю ртути в присутствии угля, Лавуазье получил «тяжелый воздух».	
		Объясните с позиций Лавуазье, что такое тяжелый воздух.	Контрольный ответ: При нагревании из земли ртути выделяется «элемент кислотности». Соединение его с углем и является «тяжелым воздухом».
		Что такое горение с позиций Лавуазье?	Контрольный ответ: Всякое горение есть соединение тела с «элементом кислотности»; результат его — сложное тело, а именно «металлическая земля» (по современной терминологии — окисел) или кислота (сейчас — ангидрид).
		Известны три группы веществ: земли, кислоты, соли. Как их классифицировать с позиций Лавуазье?	Контрольный ответ: Земли (окислы) — соединения металлов с началом кислотности; кислоты — соединения неметаллических тел с началом кислотности; и соли — соединения земель и кислот.
		Проверка. Горение серы в «начале кислотности» дает серную кислоту, фосфора — фосфорную кислоту, угля — угольную кислоту	
	Самый яркий пример горения — так называемый «горючий газ». Нужно понять его роль в процессах горения.	Какое предсказание должен был сделать Лавуазье относительно результатов горения «горючего газа» в «начале кислотности»?	Контрольный ответ: Лавуазье ожидал, что должна получиться какая-то кислота.
		Сжигание «горючего газа» в «начале кислотности» не дало в результате вообще никакого вещества.	
	Кавендиш показал, что при сжигании	Почему такой опытный экспериментатор, как	Контрольный ответ: он не ожидал ее увидеть. В то

	«горючего газа» образуется вода.	Лавуазье, не заметил воду?	же время влага является обычным явлением, на нее редко обращают внимание.
1783		Лавуазье представил академии «мемуар, имеющий целью доказать, что вода не есть простое тело».	Лавуазье объяснил результаты Кавендиша: вода получается от соединения «горючего газа» и «элемента кислотности».
		Объяснить с позиций Лавуазье, откуда берется вода при дыхании.	Контрольный ответ: Вода образуется при дыхании вследствие горения «горючего газа», содержащегося в органических тканях.
	Известно, что при растворении металла в кислоте выделяется «горючий газ» и получается соль.	Объясните эту реакцию с позиций Лавуазье.	«Горючий газ», выделяющийся при этой реакции, происходит от разложения воды, «начало кислотности» которой соединяется с металлом.
		Из чего с позиций Лавуазье могут состоять органические вещества?	В основе состава органики лежат «горючий газ» и «начало кислотности».
		Что на данном этапе составляет наибольшую трудность при описании химических процессов.	«Горючий газ», «начало кислотности», «самая чистая часть воздуха», «масло антимония» — вот тогдашняя терминология. В ней уже невозможно разобраться.
	Лавуазье в сотрудничестве с Гитоном де Морво, Фуркруа и Бертолле разрабатывает химическую номенклатуру.		

Приложение 1

Используя стандартный способ проверки воздуха на «доброкачественность», и Пристли, и Лавуазье смешивали два объема обнаруженного ими газа с одним объемом окиси азотистой кислоты, встряхивали смесь в присутствии воды и измеряли объем оставшегося газа. Предыдущий опыт, на основе которого была установлена эта стандартная процедура, гарантировал им, что для атмосферного воздуха остаток должен быть равен одному объему и что для любого другого газа (или для неочищенного воздуха) он должен быть больше. В эксперименте с кислородом как Пристли, так и Лавуазье обнаружили остаток, близкий одному объему, и в соответствии с этим идентифицировали газ. Только значительно позже и в какой-то степени случайно Пристли отбросил

стандартную процедуру и попытался смешивать окись азотистой кислоты с газом в другой пропорции. Тогда он и обнаружил, что с учетверенным объемом окиси азотистой кислоты остатка вообще не наблюдается. Его предписание относительно исходной процедуры контрольного эксперимента — процедуры, санкционированной большим предшествующим опытом, — было одновременным предписанием отрицать существование газов, которые могли вести себя так, как кислород. (78.92)

Приложение 2

Эти выводы не являются следствием отказа от теории флогистона, ибо данная теория могла быть согласована многими различными способами с такими выводами. Например, можно было предположить, что флогистон имеет отрицательный вес, либо частицы огня или чего-то еще проникают в прокальваемое вещество, как только флогистон покидает его. Были и другие объяснения.

Приложение 3

Сначала Лавуазье вырабатывает метод исследований. Этот период завершается в 1779 году работой «О природе воды». Передадим вкратце ее содержание.

Давно было замечено, что при выпаривании воды в стеклянном сосуде получается землистый осадок. Отсюда заключение о способности воды превращаться в землю; другие думали, что земля уже существует в воде в виде особого соединения; третьи приписывали образование осадка материи, присоединяющейся извне.

Лавуазье решил проверить эти мнения. Для этого он в течение 101 дня перегонял воду в замкнутом аппарате. Вода испарялась, охлаждалась, возвращалась в приемник, снова испарялась и так далее. В результате получилось значительное количество осадка. Откуда он взялся?

Общий вес аппарата по окончании опыта не изменился: значит, никакого вещества извне не присоединилось. Вес воды после опыта не изменился: значит, она не превратилась в землю. Вес стеклянного сосуда уменьшился на столько же, сколько весил полученный осадок: значит, осадок получился от растворения стекла.

2. Даешь децентрализацию?

Теперь попробуем на этом примере разобраться, как же идет развитие научных представлений. Ближе всего к нашим потребностям находятся выводы двух известных ученых — Имре Лакатоса и Томаса Куна.

Томас Кун, предложил следующую модель развития представлений. Сперва революционным путем меняется парадигма, то есть основа того или иного научного представления. Затем научное сообщество решает «головоломки», приспособив парадигму к новым фактам. Это этап «нормальной науки». Когда же появляются факты, не поддающиеся «головоломочному» решению, снова наступает этап революции и снова меняется парадигма.

Лакатос выдвинул тезис об относительной независимости развития науки. Он пришел к выводу, что новые модели (теории, гипотезы) вовсе не появляются в результате столкновения предыдущей модели с новыми фактами, которые ей противоречат. Противоречивость этих фактов приписывают им гораздо позже. В момент появления эти факты вполне укладываются в существующую модель. Так результаты знаменитого опыта Майкельсона-Морли сам Майкельсон считал подтверждением теории эфира. И только после разработки и принятия научным сообществом общей теории относительности эти результаты были трактованы, как не совпадающие с эфирной моделью.

Исследовав целый ряд подобных случаев, Лакатос сделал вывод, что научные представления развиваются как бы сами по себе. Они не зависят от открываемых фактов. Сперва формируется некое «ядро» — основная идея, вокруг которой последующими исследованиями нарастает «периферия» — вспомогательные идеи, следствия и т.п. В каком-то смысле «ядро» Лакатоса совпадает с «парадигмой» Куна, а развитие «периферии» с куновским этапом «нормальной науки».

Сравним теперь эти модели с ходом нашей «деловой игры». Предыдущее ядро (или парадигма) — понятие флогистона. Горение — это выделение флогистона из горящего вещества. Следующее ядро — теория горения Лавуазье, согласно которой горение — это присоединение части воздуха — кислорода.

Но явилась ли теория Лавуазье такой уж неожиданной революцией?

В ходе развития периферии теории флогистона многие ее положения, техника и технология экспериментов, концептуальные воззрения и т.д. формировали периферию. Именно в ней происходили все изменения. Отдельные детали этой периферии постепенно превращались в свои противоположности. Взвешивание из ненаучного метода постепенно стало научным. Неделимый и элементарный воздух постепенно стал состоящим из каких-то частей. Вес из несущественного параметра стал важным. Изменение веса в реакциях из произвольного стало закономерным. И т.д.

Изменившаяся периферия сложилась в некую систему. Причем в такую, внутри которой **не могло возникнуть никакое другое ядро, кроме теории горения в варианте Лавуазье.**

Таким образом, у нас получается картина, в чем-то противоположная картинам Куна и Лакатоса. Не внезапно изменившееся ядро наращивает свою периферию, а преобразовавшаяся периферия формирует внутри себя новое ядро.

То есть, если мы рассматриваем сами научные модели, то тезис Лакатоса о независимости развития науки остается даже более правильным, чем думал сам Лакатос. Однако, если мы будем рассматривать не абстрактные представления, а восприятие их научным сообществом, то прав оказывается Кун — несмотря на мощную подготовку периферии, новое ядро оказывается революционным.

Итак, наша рабочая гипотеза изменилась. Перейти из одной парадигмы в другую не «трудно». Это невозможно в принципе. Ни гений, ни специалист по классической ТРИЗ этого сделать неспособен. Новая парадигма может сформироваться у нас в головах только на основе достаточного числа периферических толкований, которые организуют наши представления в нужную систему. Пристли, Шееле не были глупее Лавуазье. Просто как ученые они родились в научной среде, в которой не было ни взвешивания, ни частей воздуха. Ученый Лавуазье родился в другой периферии — с важным параметром — весом, с вполне приемлемой идеей о частях воздуха. Для него увеличение веса при горении было не отдельными фактами, поступавшими поодиночке из разных, не всегда надежных источников, как для Пристли или Шееле. Он принял эту массу фактов сразу, как данность.

Из этой модели вытекают два важных для ТРИЗ-сообщества следствия. Первый относится к исследованиям в области развития научных представлений. Одним из самых больших вопросов этих исследований является вопрос о параметрах, которые выбираются для построения моделей, особенно количественных. Было известно только, что эти параметры никогда не вытекали из предыдущей модели. Но где их искать — об этом оставалось только гадать. Теперь мы можем предположить, что искать их надо не в ядрах, а в перифериях. Уже легче!

Второй вывод относится к так называемой «ТРИЗ-педагогике». В среде педагогов-тризовцев сложилась легенда, будто бы, научив человека решению задач, даже научных, мы тем самым подготовим его к легкой разработке и легкому восприятию новых парадигм. Похоже, что это далеко не так. Научив решать задачи, мы просто воспитаем нормального, консервативного решателя задач. Он будет так же невосприимчив к новым парадигмам, как и те, кого мы не научили.

Новая парадигма «помещается» в голове только в том случае, если там уже есть новая периферия. А она от решения задач не возникает. Потому что задачи в понимании ТРИЗ — это куновские «головоломки», которые, как известно, не ломают парадигму, а укрепляют ее.

Типично шахматная вилка. Если ТРИЗ-педагоги не примут эту позицию, то они тем самым докажут ее правильность — новую позицию принять невозможно, даже вооружась ТРИЗ.

Впрочем, это только печальная шутка...

Ю. Мурашковский
2.07.2002.