

ПРАКТИКА ДЛЯ ПРАКТИКОВ

Сто тысяч «почему?» (Как выявлять исследовательские задачи в предметном содержании образования)

В.И. Бояркина

Помню старую песенку:

Сто тысяч «почему?» живут на белом свете,
Сто тысяч «почему?» гуляют по планете!
А сколько «почему?» на спутнике летит,
А сколько «почему?» с Луны на нас глядит?

Сейчас эту песенку не поют, жаль...

При современном изобилии информации мы разучились задавать вопросы... А может, и не умели никогда, принимали всё как есть: «травка зеленеет, солнышко блестит, ласточка с весною в сени к нам летит». «Травка зеленеет», потому что «солнышко блестит» (про хлорофилл и фотосинтез все знают), ласточка прилетает, потому что весна... Всё ясно. Ясно?.. А почему травка именно **ЗЕЛЕНЕЕТ**? Почему от растений отражается преимущественно зелёный цвет? Таковы свойства молекул хлорофилла. А почему у хлорофилла такие свойства? А как ласточка узнаёт, что весна наступает и что ей надо лететь, да ещё и в определённом направлении? Почему «солнышко блестит»? Потому что излучает энергию. А почему солнце излучает энергию? Потому что в «ядре осуществляется протон-протонная термоядерная реакция, в результате которой из четырёх протонов образуется гелий-4. При этом каждую секунду в энергию превращаются 4,26 миллиона тонн вещества, однако эта величина ничтожна по сравнению с массой Солнца — $2 \cdot 10^{27}$ тонн»¹. А почему эта реакция идёт такими медленными темпами — миллиарды лет?

¹ Википедия. Солнце. Интернет.

Первоначальный интерес к исследовательским задачам у меня возник от статьи И.Н. и Ю.С. Мурашковых «От почемучек к потомучкам». Для меня, бывшей в школе отличницей и никогда не подвергавшей сомнению знания, которые нам давали в школе и институте, эта статья стала открытием!.. Оказывается, можно рассуждать так: «...в качестве рабочей гипотезы примем тезис: **ИСТИНЫ НЕ СУЩЕСТВУЕТ**. Есть только суждения, модель, теория, которые удобны в данный момент, в данном месте, для данной группы людей. (Скажем, для поэтов система Птолемея и по сей день удобна. «Солнце тёплое ходит высоко...» — писал, например, Афанасий Фет.) И эти теории постоянно сменяют друг друга»².

Да, про систему Птолемея нам в школе говорили (и сейчас говорят), но как-то снисходительно... Вот, мол, раньше считали, что Солнце движется вокруг Земли, а теперь-то всем ясно, что это Земля вращается вокруг Солнца, т.е. то, что наука знает **сейчас** — это и есть истина окончательная и неоспоримая. Я училась в школе полвека назад, но и в XXI веке большинство учебников, детских энциклопедий дают знания в том же ключе — как истину в последней инстанции... Но «Основное очарование науки — это очарование Тайны... Мы лишаем наших детей не только удовольствия от прикосновения к Тайне, но и Сомнения — этого важнейшего условия развития науки»³. Учебников, в которых хоть изредка встречалась

бы **Тайна** или возникало **Сомнение**, нет до сих пор...

Потом были другие работы Ю.С. Мурашковского: «Горизонты третьего мира», «Путь в океан», была рассылка А.Н. Кондратьева «Как делать открытия», книги В.В. Митрофанова «От технологического брака до научного открытия», книги и учёба у Г.Е. Сковрцова. Всё это открыло для меня ещё один мир — мир научной мысли, мир открытий. Как когда-то книги автора ТРИЗ Г.С. Альтшуллера открыли для меня мир изобретательства! А главное — это то, что, **имея на вооружении ТРИЗ (великолепный набор инструментов для мышления), в этих мирах можно действовать**, можно получать **собственные** изобретательские идеи, научные гипотезы и идеи экспериментов по их проверке.

И если первый десяток лет работы в школе я старалась открыть, показать детям и учителям мир изобретательства, то теперь мне так хочется показать им и мир открытий! Научиться с учителями и детьми погружаться в этот мир, ориентироваться в нём, прокладывая в нём собственные маршруты.

Кое-что уже получается, хочу поделиться первыми наработками.

Второй год мы с коллегами разрабатываем уроки по разным предметам с помощью **алгоритма творческого изучения явления (объекта, процесса, вещества)**⁴, применяем алгоритм в исследовательской работе учащихся. Алгоритм мы разработали в прошлом учебном

² Мурашкова И.Н., Мурашковский Ю.С. От «почемучек» к «потомучкам» // <http://www.trizminsk.org/>

³ Ковтун В.П. Занимательный мир физики. СПб.: Дельта, 1997. С. 5.

⁴ Бояркина В.И. Алгоритм творческого изучения явления // <http://www.jlproj.org/>

году и теперь уточняем, дополняем его, обкатываем на разном содержании. Напомню его суть.

Алгоритм творческого изучения явления (объекта, процесса, вещества):

- **обнаружение** явления (это может быть тема учебного плана или какой-то факт, наблюдение, удивившее или заинтересовавшее ученика событие и прочее);

- выявление **ресурсов** явления (свойств, особенностей), их классификация. Для объекта, процесса определяются главная и второстепенные функции; *всё это называется «месяцы и годы исследований, экспериментов, разработок и испытаний»;*

- определение **границ**, в которых проявляется явление (пространственных, временных, температурных и т.д.);

- выявление **связей** явления с другими объектами и процессами окружающего мира, определение места данного явления в общей картине мира. На этом шаге удобно применение системного оператора;

- формулирование **вопросов** исследовательского характера: почему...? Зачем...? Какая связь...?

- выдвижение **гипотез**, проектирование экспериментов по доказательству гипотез. На этом шаге особенно трудно обойтись без ТРИЗ. Мысль или заходит в тупик, или мечется в поисках ответа без всяких ориентиров. А в ТРИЗ есть инструменты для планомерного системного поиска ответов: приём «обращённая задача», системный оператор, приём устранения технических и физических противоречий, вепольный анализ (анализ взаимодействий

между объектами, правила организации эффективных взаимодействий), законы развития систем и т.д.;

- разработка **модели** явления, формулирование взаимозависимостей, закономерностей;

- выявление возможностей **управления** явлением. Зная ресурсы явления, его связи и границы, уже не трудно представить, с помощью чего можно управлять явлением и в каких границах возможно управление. А может за границы заглянуть? Вдруг там САМОЕ ИНТЕРЕСНОЕ? (читайте книги Г.Е. Скворцова! Он-то как раз умеет за границы заглядывать!);

- генерация идей по **применению** явления. На этом шаге эффективно применение бинома фантазии, метода гирлянд ассоциаций, метода фокальных объектов;

- **экологическая экспертиза** полученных идей: «Не навреди!», «Проверь, соответствует ли (адаптирована ли, приспособлена ли) твоя идея к потенциалу (к возможностям) природной среды? К возможностям человека?»;

- **развитие** идей в научно-техническом и социальном направлении: каждая научно-техническая идея вносит что-то новое в жизнь общества: «Проследи, какие последствия принесёт осуществление идеи для твоей семьи, друзей, школы, города, и т.д.», «Рассмотри последствия осуществления идеи в единичном варианте, в массовом использовании. Как это скажется на жизни общества?»;

- **сравнение** полученных продуктов с изложением материала в учебнике и выработка рекомендаций по дополнению работ учащихся и дополнению учебного материала.

Идея алгоритма в том, чтобы объединить все стадии научно-исследовательских и изобретательских работ в одном обобщающем уроке по определённой теме (или серии уроков, или в исследовательской работе учащегося) с целью дать детям возможность прочувствовать самое интересное в научном и техническом творчестве — полёт мысли, вдохновение от генерации идей! Это вдохновение и даёт силы на месяцы и годы исследований, экспериментов, разработок и испытаний. А **алгоритм позволяет видеть перспективу и взаимосвязь разных этапов научно-технических разработок.**

Исследовательские вопросы (те самые «сто тысяч «почему?») могут возникать на каждом шагу алгоритма.

Обнаружение: все знают про круговорот воды в природе — вода испаряется, потом в верхних слоях атмосферы, где холодно, пар конденсируется и выпадает на землю в виде дождя или снега. Пар конденсируется и получают облака. Но! Почему из одних облаков идёт дождь, а из других нет? Хочется ответить: дождь идёт, когда капли достигают определённого размера, становятся тяжёлыми, поэтому падают вниз. Но тут же вспоминаешь, что дождь бывает не только крупными каплями, но и меленький, серенький, затяжной... Гипотеза все случаи не объясняет — тема для исследования, для выдвижения других гипотез.

Ресурсы: на установочной сессии НОУ мы взяли для примера общую для всех секций тему «Солнце». После сообщений о свойствах, особенностях, качествах Солнца возникли вопросы:

- Почему Солнце круглое? Почему Солнце жёлтое? (темы связаны с физикой, астрономией, нашли по тому объяснение в Интернете);

- Почему лучи Солнца мы рисуем палочками, чёрточками? (интересная тема, связана с восприятием зрительной информации, преобразованием её, созданием графических образов, условных моделей);

- Как измерили расстояние до Солнца? Прекрасная изобретательская задача! Но... нашли ответ в Интернете.

- Почему Земля вращается вокруг своей оси и вокруг Солнца? И т.д.

Таким образом, для получения исследовательских вопросов можно практически **к каждому выявленному ресурсу задавать вопрос «Почему данное явление (объект, процесс, вещество) имеет такое свойство (качество, особенность)?».**

Границы: границы явления могут быть пространственные, временные, температурные, границы по давлению, напряжению и другим физическим характеристикам. Пример: химия, тема «Алюминий» — в учебнике дана температура плавления алюминия, но нет температуры кипения (т.е. превращения в газообразное состояние). Интересно, как можно применить газообразный алюминий? Вопрос возник, и тут же по новостям прошло сообщение, что появились новые технологии напыления металлов на ткани. Получаются ткани с совершенно необычными свойствами. (Пессимист к этому сообщению отнесётся так: ну, вот, уже придумали, а я и подумать не успел... А оптимист сделает вывод, что мы **уже умеем** от уровня школьной химии выходить на

передний край науки, в область её современных интересов и действий.)

Ещё один пример: физика, 11 класс, тема «Электрический ток в различных средах». При изучении границ явления возникли вопросы. От чего зависит угол наклона вольтамперной характеристики? До каких пределов может увеличиваться сила тока в газах, жидкостях, металлах? Почему вольтамперная характеристика электролитов начинается не от нулевого значения? Будут ли отступления от закона Ома при очень высоких напряжениях? и т.д.

Ещё пример: кислород при определённой температуре становится твёрдым веществом голубоватого цвета, но при повышении давления становится красным! Почему? Эти примеры демонстрируют ещё и закон границы качества, выведенный Г.Е. Скворцовым: при достижении воздействием определённого значения в системе начинается качественное изменение⁵.

Связи: когда мы по системному оператору выясняли связи алюминия с другими веществами, с природными и искусственными телами, с литосферой, атмосферой, гидросферой, биосферой Земли, возник вопрос: как алюминий связан с живой природой? Какую функцию выполняют ионы алюминия в организме?

Далее по алгоритму идёт **формулирование вопросов**. Научиться задавать вопросы, в общем-то, несложно. Серии «почему?..» можно формировать как «в ширину», так и «в глубину». Пример: учебник «Искусство и ты», 2-й класс, стр. 46. Читаем верхний абзац: «У скульптора

есть свои секреты в работе. Самый главный — лепить из целого куска пластилина. Это легко: ведь он мягкий!».

Задаём вопросы «в ширину», т.е. чуть ли не к каждому слову из этой фразы: почему скульптора называли «скульптор»? Почему слово «есть» употребляется и в смысле «существует», и в смысле «кушать»? Почему в работе бывают секреты? Почему надо лепить из целого куска пластилина? Почему это САМЫЙ ГЛАВНЫЙ секрет? Почему пластилин мягкий?

А теперь попробуем копать от каждого вопроса «в глубину». Например: почему пластилин мягкий? Потому, что сделан из мягкого вещества. Почему некоторые вещества мягкие, а некоторые жёсткие? Потому что частицы твёрдого вещества очень крепко держатся друг за друга, а частицы пластилина слабо держатся, легко сдвигаются, сминаются. Почему они по-разному держатся? Почему пластилин жёсткий, когда застынет, и становится мягким, если его подержать в руках или в тёплой воде? И т.д. Вот сколько тайн оказывается в двух строчках учебника!

Следующий шаг алгоритма: выдвижение **гипотез**, т.е. предположительных вариантов **объяснений**, ответов на наши «Почему..?».

Первыми, скорее всего, появятся объяснения по аналогии, найдется что-то похожее в надсистеме: тема «Скорость химических реакций». Химия, 8 класс. С повышением температуры растёт скорость химических реакций. Почему? При повы-

⁵ Скворцов Г.Е. Система законов природы. СПб.: Петрополис, 2004. С. 34.

шении температуры повышается скорость движения молекул, поэтому они чаще сталкиваются и реагируют. Это похоже на дискотеку, где все двигаются, танцуют и поэтому легче знакомиться, чем, например, на собрании, где все сидят на своих местах. Такие образные аналогии помогают понять суть процесса.

Для выдвижения гипотез рекомендуется применять приём «обращённая задача». Фрагмент из исследовательской работы учеников 6 класса О. Былкова и А. Котосина «Почему растения растут вверх? Как они узнают, куда им расти?». **Ставим проблему на уровне клеток:** почему клетки стебля растягиваются и делятся именно в направлении вверх (или от Земли)? Клетки вообще могут растягиваться и делиться в любом направлении. А у макушки ростка они растягиваются и делятся именно вверх. Противоречие.

Для ответа на вопрос применяем приём «Обращённая задача», т.е. вместо вопроса «почему?» ставим вопрос «Что надо сделать, чтобы клетки растягивались вверх? Или при каких условиях клетки могут растягиваться только вверх?».

Гипотеза авторов: в ростке клетки вытягиваются вверх, потому что сверху им ничего не мешает,верху свободное пространство. А в ширину клеткам тесно, растягиваются в ширину только крайние клетки. Гипотеза интересная, но авторы её потом забраковали, т.к. росток начинает расти вверх ещё в земле, где тесно со всех сторон. Пример привожу для показа хода мысли моих учеников.

Гипотеза авторов на внутриклеточном уровне, **на уровне органоидов:** вакуоли всплывают в клетках се-

мени — росток растёт вверх, тонут — корень растёт вниз. Гипотеза оказалась неверна, т.к. в клетке есть нити, которые образуют скелет клетки, и вакуоли всплывать или тонуть не смогут — нити помешают. Но что-то в клетках семени может реагировать таким образом, ведь рост начинается, когда семечко попадает во влажную среду, набухает, клетки наполняются жидкостью. Элементы клетки ростка могут на это реагировать, хотя бы передавая увеличенное давление вверх на другие элементы. Вообще, надо выяснить, чем клетки корня отличаются от клеток ростка при их делении.

Гипотеза на уровне молекул ДНК: в ДНК растения есть информация о строении будущего растения и о программе направления его роста. (Идея эксперимента от авторов: можно проверить на космическом корабле, летящем вдали от всех планет. Мать этого семечка — на Земле. Предполагаем, что росток даже в космосе будет тянуться корнями к Земле.)

Гипотеза на уровне излучений и полей. Из дискуссии в Интернете: растения способны реагировать на **электромагнитное поле**. Если поместить некое растение в электромагнитное поле, то его корешки будут всегда расти в сторону отрицательного полюса. На основании этого утверждения у авторов возникла гипотеза об **идеальном органе** ориентации растения в пространстве: органа нет, а функция его выполняется. В качестве идеального органа может выступать взаимодействие электромагнитного поля Земли и электромагнитного поля растения.

В этой работе авторы нашли в Интернете или получили сами гипотезы на всех уровнях системного оператора — от Вселенной до молекул и излучений. Я не биолог и не могу профессионально судить о научной ценности детских гипотез, но о развитии мышления детей и моего мышления как руководителя этой работы, могу сказать вполне определённо: мозги действительно работали! А сколько опытов было задумано и сделано!..

В ТРИЗ есть множество инструментов, помогающих выйти на идею, гипотезу.

Ещё один пример из урока Г.А. Новиковой «Биология, 6 класс». Возник вопрос: что является **причиной движения веществ в цитоплазме клетки?**

Если есть движение, то есть какие-то силы, воздействие, которые вызывают это движение.

Перечень основных воздействий (в ТРИЗ их называли полями) зашифрован «волшебным» словом МАТХЭМ. Это первые буквы следующих воздействий: механическое, акустическое, тепловое, химическое, электрическое, магнитное.

Рассмотрим по порядку все воздействия с целью получить гипотезы, объясняющие движение веществ в цитоплазме. Итак, вещества через клеточную мембрану проникли в клетку, а дальше? Гипотезы учащихся:

- Вещества поступают в клетку с одной стороны, давят на цитоплазму, и она двигается (механическое воздействие).

- У каждого организма есть определённая температура для существования. При понижении температуры до 0°C организм замерзает, и дви-

жение жидкостей прекращается (движение веществ происходит за счёт теплового движения молекул).

- Может быть, в клетке есть что-то такое, что подхватывает эти вещества и несёт их по клетке («подхватывает» за счёт механического или химического взаимодействия. Приём «посредник»).

- Может быть, одни вещества скапливаются в одном месте, а другие в другом, а потом они должны равномерно распределиться по всей клетке. Как, например, бросить в стакан с водой кристаллик марганцовки и не перемешивать, но потом всё равно вся вода окрасится равномерно.

- Движение может быть за счёт электрических или магнитных сил?

Исследовательские вопросы могут возникнуть и на других шагах алгоритма: разработка **модели** явления, **управление** явлением, **применение** явления, **экологическая экспертиза**, **развитие идей**. Но здесь, конечно, больше простора для изобретательства. Мои смелые ученики выдавали идеи по управлению и применению для вулканов и торнадо, идеи новых трюков для автошоу.

Развиваем идеи и в абсолютно тихих и спокойных системах, например, придумываем новые варианты игры в шахматы. А в системе бисероплетения предсказываем (в соответствии с законами развития технических систем) большие перемены! Например, основу для крепления бисера или проволоку для низания можно делать из материалов с памятью формы или из биматериалов. При изменении температуры изделие будет менять свою форму.

Бисер из магнитных материалов будет обладать лечебными свойствами. Есть идеи по «жидкому» бисеру и т.д.

В «Сказке о мёртвой царевне и семи богатырях» выясняем, как герои сказки справлялись со своими проблемами, и обнаруживаем, что Чернавка-то, оказывается, из всех героев сказки лучше всех умеет решать противоречия!

Вот такая интересная жизнь у учителя ТРИЗ! Чего и другим учителям искренне желаю!

Выводы

- Для выявления и решения исследовательских задач в предметном содержании образования целесообразно использовать алгоритм творческого изучения явления и инструменты ТРИЗ.
- Для получения исследовательских задач можно практически к каждому выявленному ресурсу задавать вопрос «Почему данное явление

(объект, процесс, вещество) имеет такое свойство (качество, особенность)?».

- Серии «почему?..» можно формировать как «в ширину», так и «в глубину». Вопросы «в ширину», т.е. чуть ли не **к каждому слову** из ключевой (наверное, не только ключевой) фразы по изучаемому явлению. Вопросы «в глубину» — это последовательность вопросов и ответов до тех пор, пока не возникнет вопрос, на который нет ответа. Это и есть направление для исследовательской работы (сбор дополнительного материала, выдвижение гипотез, идей экспериментов и т.д.).

- Исследовательские задачи могут возникнуть при определении границ явления и при выявлении связей явления с окружающим миром.

- Выявление и решение исследовательских и изобретательских задач в содержании образования повышают уровень компетентности детей, развивают креативное, системное, экологическое мышление.