

Тропою следопыта

Естественные мысли о школьном курсе естествознания

Камин Александр Леонидович — научный сотрудник Лаборатории развивающего обучения средней школы № 57 г. Луганска (Украина), преподаватель физики. E-mail: kamin@ler.lg.ua

Пролог

Первый голос: «Отчего зимою день короткий, а ночь длинная, а летом — наоборот? День зимою оттого короткий, что, подобно всем предметам, видимым и невидимым, от холода сжимается, а ночью от светильников и фонарей расширяется, ибо согревается».

Второй голос: «Наблюдая за Солнцем, люди заметили, что в разные времена года высота Солнца над Землёй неодинакова; заметили также, что когда Солнце находится высоко над Землёй, тогда тепло, а когда низко — холодно. Почему так бывает? Земля вращается вокруг своей оси и одновременно движется вокруг Солнца».

Уважаемый коллега, сравните партии, исполненные первым и вторым голосом. Вы, скорее всего, узнали эти тексты. Второй голос принадлежит автору учебника естествознания для третьего класса, а первый — отставному уряднику Войска Донского Василию Семибулатову, герою чеховского рассказа «Письмо к учёному соседу».

Вы наверняка скажете — и будете правы — что второй голос изрекает научную истину, а первый голос — бред сивой кобылы. Но, похоже, есть между ними и некое родство. Чтобы установить это родство, вообразим, что оба отрывка дали прочесть ученикам, к примеру, третьего класса.

Как дети могут убедиться, что второй текст — правильный, а первый — нет? Представим себе, что рассуждение почтенного урядника по ошибке попало в учебники естествознания. Дети выучили его, пересказали на следующем уроке близко к тексту, ответили — опять же близко к тексту — на вопрос «отчего зимою день короткий, а ночь длинная» — и обучение состоялось.

Теперь попробуем разобраться, что общего между текстами учебника естествознания и откровениями Василия Семибулатова.

У них одна и та же степень убедительности. Оба текста провозглашают некие истины, не позволяя читателю удостовериться в этих истинах самому. Оба текста страдают мысльюбоязнью: они предполагают читателя, не знающего сомнений, принимающего всё написанное на веру. Такое обучение «противно естеству человеческому», как сказал бы Михайло Ломоносов, не последний в естественных науках человек. Отмечаем парадокс: естествознание преподаётся противоестественным образом.

Вспомните Андерсена: в сказке «Снежная Королева» действует тролль, который «смастерил такое зеркало, в котором всё искажалось донельзя... Человеческая мысль отражалась в зеркале невообразимой гримасой. Не осталось ничего, что не отразилось бы в зеркале в не-искажённом виде».

Печально, что учебники естествознания напоминают осколки этого зеркала.

Вопросы без проблем

Как видите, тексты в учебниках естествознания не будят мысль. Тогда, может быть, мысль будят вопросы к текстам? Вот вам навскидку несколько вопросов из реальных учебников.

- Как ведут себя насекомые летом?
- Каких птиц называют перелётными?
- Как изменяется погода зимой?

- Из каких частей состоит компас?
- Что такое атмосфера?
- С помощью какого прибора можно сравнить тела по степени нагрева?
- Какой должна быть температура воды, чтобы она превратилась в пар?

Такие вопросы, предполагающие единственный ответ, психологи называют закрытыми.

А теперь вопрос Вам, коллега. Требуется ли при ответе на такие вопросы думать, сообщать, кумекать — словом, шевелить мозгами? Единственное, что требуется, — вспомнить прочитанное (или услышанное на уроке) и пересказать его. Текст воспринимается как сплошной монолог специалиста, читателю остаётся кивать и поддакивать. Было в старину ходячее выражение «пища для ума». Предлагает ли учебник эту самую пищу или угощает детей словесной сухомяткой? Автор оставляет этот вопрос без ответа...

«Нам тайны нераскрытые раскрыть пора...»

Следует поставить перед собой цель изыскать способ решения всех задач... одним и притом простым способом.

Д'Аламбер, физик, биолог, астроном, автор первой энциклопедии, 1743.

Возникает вопрос, как же строить изложение учебного материала? Есть ли беспроигрышный способ завоевать интерес детей?

Интерес пробуждается с помощью тайны. Можно построить учебный материал, как дорогу через таинственный мир. Раскрытие одной тайны приводит к другой и одновременно даёт в руки инструменты, позволяющие обращаться с тайнами по-свойски.

Однако ближе к делу.

Задача 1. Реки и моря

Реки, впадающие в моря, пресные. Почему же морская вода остаётся солёной?

На первый взгляд кажется, что правильно ответить на этот вопрос можно только в том случае, если вам знакомо понятие круговорота воды в природе. Я думаю, что дети могут решить эту задачу, опираясь на личный опыт. Для того чтобы дети могли решить эту исследовательскую задачу, их нужно научить задавать самим себе цепочку наводящих вопросов.

Первый из них: как сделать, чтобы произошло интересующее нас событие? То есть как сделать, чтобы вода в море осталась солёной, хотя в море непрерывно вливается пресная вода. Здравый смысл подсказывает две версии:

V1 — непрерывно добавлять соль;

V2 — непрерывно удалять воду.

Чтобы выбрать из этих версий одну, задаём второй наводящий вопрос: как интересующее нас событие может произойти САМО СОБОЙ, без направленного вмешательства.

Добавление в море соли без направленного вмешательства произойти, похоже, не может. Остаётся версия V2: чтобы морская вода оставалась солёной, вода из моря должна непрерывно убывать.

Повторим наш первый наводящий вопрос (как сделать, чтобы...).

Как сделать, чтобы из моря непрерывно убывала вода? Скорее всего, Вы опять предложите два варианта:

V3 — вытекание воды,

V4 — испарение.

Вариант V3 для моря не подходит (грубо говоря, море образуется в самой низменной местности, а вода течёт сверху вниз). Значит, верная версия V4 — вода в море остаётся солёной, поскольку часть воды из моря непрерывно испаряется. Решение этой задачи подводит ребят к самостоятельному открытию нового для них явления — круговорота воды в природе.

Не кажется ли Вам, коллега, что вопрос «как сделать, чтобы...» помогает выйти на правильный ответ, сокращая блуждания во всевозможных версиях? Чтобы Вы могли в этом убедиться, ещё одна задачка.

Задача 2. Топоры предков

Индейцы племени гважажара, отправляясь на тропу войны, по обычаю, выкапывали из земли топоры своих предков. «В земле они не ржавеют», — утверждали индейцы.

А почему?

Начинаем решение с вопроса «как сделать, чтобы...»

Как сделать, чтобы топоры не заржавели?

V1: топоры хранят в смазке;

V2: топоры изготовлены из нержавеющей стали.

Какую из этих версий выбрать?

Сделать выбор помогает второй наводящий вопрос: «как интересующее нас событие могло произойти САМО СОБОЙ, без направленного вмешательства».

Итак, как сделать, чтобы топоры САМИ СОБОЙ не заржавели?

Похоже, что этот вопрос подводит нас к версии V2. Остаётся выяснить, какие нержавеющие материалы были в распоряжении индейцев.

Ребята при обсуждении иногда дают ответ: золото. Но может ли золотой топор рубить? Остаётся материал попроще: камень. Это и есть ответ: топоры не ржавеют, поскольку сделаны из камня.

Итак, чтобы прийти к ответу, нам пришлось задать третий наводящий вопрос: какими РЕСУРСАМИ располагали индейцы, чтобы изготовить нержавеющие топоры?

Может быть, Вы уже хотите задать вопрос автору: что толку в этих наводящих вопросах? Ведь задач существует несметное множество, и вопросы, полезные для одной задачи, могут не подходить к другой. Я постараюсь Вас переубедить. Эти три наводящих вопроса — что-то вроде трёх неотразимых ходов в игре с Природой. Выигрыш заключается в решении задачи, которую Природа задаёт человеку.

Для примера разберём задачу, с которой столкнулся знаменитый естествоиспытатель Огюст Пикар.

Задача 3. Печка для стратостата

Отважный воздухоплаватель Огюст Пикар собрался подняться в стратосферу, на высоту 30 км. Он знал, что там не теплее, чем в Антарктиде. Как бы Вы на месте Пикара обогревали пассажирскую гондолу? Гондола представляет собой металлический шар с окошками. Учтите, что каждый лишний грамм препятствует подъёму.

Вообразите себя, читатель, на месте Огюста Пикара. Найдёте решение — выиграли Вы — экспедиция состоялась. Не найдёте — экспедиция сорвана.

Итак, начали.

Как сделать, чтобы гондола нагрелась?

Выбирать есть из чего:

V1: обогреть углём, бензином или газом (печка);

V2: обогреть электричеством (электроплитка);

V3: греться изнутри (усиленным питанием, упражнениями).

Каким образом можно добиться, чтобы гондола обогревалась САМА СОБОЙ?

Этот вопрос делает все три версии сомнительными. К тому же они требуют «лишних граммов».

Кажется, решение зашло в тупик. Но есть ещё один наводящий вопрос — о ресурсах. Есть ли в нашем распоряжении ещё какие-нибудь источники тепла? Ответ виден невооружённым глазом — солнце!

Неужели выход из положения — греться на солнышке?

Перед нами выбор — или сдаться, или повторить наводящий вопрос «как сделать»: как сделать, чтобы солнце нагревало кабину?

Ответ можно найти, опираясь на жизненный опыт: если хотят защититься от солнечных лучей, носят светлую одежду. Если наоборот — тёмную (можете положить под яркую лампу белый и чёрный лоскутки и проверить, какой нагреется быстрее).

Поиск РЕСУРСА: есть ли в нашем распоряжении возможность сделать кабину тёмной?

Ответ очевиден: покрасить чёрной краской! Это и есть решение Пикара: выкрасить гондолу чёрной краской, поскольку она поглощает солнечные лучи. Оказалось, что в гондоле после этого стало жарко — и это при сорокаградусном морозе.

Подведём предварительные итоги: решение исследовательской задачи облегчается, если последовательно ответить на три вопроса:

1. Как сделать, чтобы интересующее нас событие произошло?
2. Как это событие могло бы произойти САМО СОБОЙ, без направленного вмешательства?

3. Какие РЕСУРСЫ (скрытые возможности) можно для этого использовать?

Для краткости назовём эту цепочку вопросов «трёхходовкой».

Иногда задача раскалывается после первого же вопроса. В других случаях в ход идут все три вопроса. Бывает и так, что трёхходовку следует применить несколько раз к одной задаче.

От слов к делу

Если пятилетнему ребёнку дать в руки молоток, он обнаружит, что многие вещи в доме нуждаются в прибивании. Новый инструмент должен пройти испытания. Может быть, и Вам, коллега, хочется испробовать новый инструмент в деле? Тогда проверим его на нескольких задачах.

Задача 4. Как измерить море?

В одной из русских летописей записано, что в 1028 году князь Глеб Святославович измерил расстояние между Крымом и Таманским полуостровом. Возможно ли это? (Между Крымом и Таманским полуостровом — Керченский пролив шириной около четырёх вёрст, то есть примерно 5 километров.)

Заменяем вопрос «возможно ли это» на вопрос «как это сделать».

Как сделать, чтобы князь мог измерить ширину Керченского пролива?

V1: натянуть между берегами верёвочку, а потом измерить её длину шагами или пядями;

V2: построить между Крымом и Таманью мост и пройти по нему.

Ставим второй вопрос:

Как мост мог бы построиться САМ СОБОЙ, без постороннего вмешательства?

Море в этом месте могло бы зимой замёрзнуть.

Это и есть ответ. В том году море замёрзло, и князь измерил расстояние шагами.

Задача 5. Говорят, что раньше йог мог...

Как бы Вы объяснили способность некоторых людей ходить по раскалённым углям?

1. Как сделать, чтобы можно было прикоснуться к очень горячему предмету? И Вы, уважаемый коллега, и Ваши ученики знают ответ на этот вопрос... Так вы пробуете, разогрелся ли утюг, касаясь его влажным пальцем. Влага испаряется, и прослойка пара на короткое время защищает палец от ожога.

2. Как смогло бы увлажнение при касании горячих углей осуществиться само собой? Влага должна сама собой оказываться между горячими углями и ногами.

3. Какие ресурсы можно было бы использовать для увлажнения ног? В организме такие ресурсы — запасы влаги — есть. Обычный пот — свидетельство этому. Видимо, выделение пота и позволяет ходить по раскалённым углям. Во время краткого контакта ноги с углём влага, покрывающая кожу, испаряется и прослойка пара защищает ногу.

Задача задаче — рознь

Теперь попробуем выяснить, чем отличаются приведённые задачи от «вопросов без проблем». Главное отличие в том, что эти задачи допускают различные подходы к решению, а

часто и различные ответы. Такие задачи называются открытыми. Они похожи на те, которые человек решает в жизни, а не на уроке. Открытые задачи можно разделить на исследовательские и изобретательские. В исследовательской задаче требуется найти причину происходящего явления, в изобретательской — найти или усовершенствовать способ достижения какой-либо цели.

Два слова о «вопросах без проблем». Можно попытаться вообще обойтись без них — но как тогда проверить знание фактов и терминов? Выход в том, чтобы в эти вопросы добавить «изюминку» — побуждение к действию.

Вот как можно, к примеру, изменить закрытые вопросы, приведённые в начале статьи (в верхней строке — старые варианты, в нижней — новые — *прим. сост. эл. версии*).

- Каких птиц называют перелётными?
- Вы обнаружили в ближнем лесу птиц неизвестной породы. Как можно выяснить, осёдлые это птицы или перелётные?
- Как изменяется погода зимой?
- А) Спящая красавица проснулась и выглянула в окно. Может ли она отличить раннюю весну от поздней осени? Как именно?
- Б) Космонавт после долгого полёта вернулся на Землю. Счёт дням, месяцам и годам он потерял. Сможет ли он отличить тёплый весенний день от прохладного летнего? Зимнюю оттепель от ранних осенних холодов?
- Из каких частей состоит компас?
- Разберитесь, для чего компасу каждая из его составных частей?
- Что такое атмосфера?
- Ваш космический корабль сел на неизвестную планету, очень похожую на Землю. Стандартных приборов у Вас нет. Как выяснить, есть ли на планете атмосфера?
- На какой высоте атмосфера кончается? Как это определить?
- С помощью какого прибора можно сравнить тела по степени нагрева?
- Сравните медицинский и оконный термометры. Найдите как можно больше отличий между ними. Чем объясняются эти отличия?
- Какой должна быть температура воды, чтобы она превратилась в пар?
- Вы нашли в бабушкином сундуке старинный термометр со стёршейся шкалой. Как бы вы восстановили эту шкалу?
- Как ведут себя насекомые летом?
- *Попробуйте сами придумать вопрос «с изюминкой» на эту тему.*

Похоже, вопросы из правого столбца — не что иное, как открытые задачи. На наш взгляд, вопросы из правого столбца вызовут оживление на уроке, а из левого — только нагонят на детей тоску или, хуже того, отобьют охоту наблюдать за природой.

Итак, если Вы хотите обеспечить интерес детей к естествознанию, имеет смысл предлагать детям материал в виде открытых задач — исследовательских и изобретательских. Понятно, что одновременно нужно дать инструмент для решения — цепочку наводящих вопросов.

Смотри в корень

Переходим теперь к главной проблеме: как строить изложение базовых знаний? В принципе, ответ известен: лучше всего люди усваивают знания, добытые в ходе собственного исследования. Сложность в том, чтобы такое исследование организовать. Для этого тоже подходят открытые задачи.

Задача «Что в просвете»

Вы наверняка много раз видели струю пара из носика чайника. Объясните, почему между струёй и носиком всегда существует просвет. Как, по-Вашему, чем заполнен этот просвет?

Если предложить ребятам эту задачу, одни будут говорить, что в просвете горячий воздух, другие — что там водяной пар. В этот момент имеет смысл задать вопрос: можно ли проверить, что на самом деле находится в просвете? Дети догадаются, что нужно поместить в просвет бумажку или тряпочку, и увидят, что она намокла.

Теперь утверждение: вода бывает в невидимом (газообразном) состоянии будет уже не голословным — ребята смогут сами объяснить появление облаков, выпадение росы и тумана. Задачи «Реки и моря» и «Что в просвете» составляют своеобразный исследовательский блок по теме «Круговорот воды в природе».

Задача «Прыгающий пятак»

Если достать из холодильника пустую стеклянную бутылку и положить на её горлышко монетку, смоченную водой, то через некоторое время монетка подпрыгнет. Как бы Вы это объяснили?

Задаём первый вопрос из нашей трёхходовки. Как сделать, чтобы пятак подпрыгнул? Нечто должно толкнуть или потянуть его вверх. Можно придумать тысячи способов, но зададим второй вопрос — и вариантов станет намного меньше.

Как интересующее нас явление могло бы осуществиться само собой? Это возможно, если нечто толкающее монетку находится внутри сосуда. Можете ли Вы привести примеры, когда «нечто» само поднимает крышку вверх.

Попробуйте надуть на морозе воздушный шарик и внести его в комнату. Шарик заметно раздуется. Воздух внутри бутылки ведёт себя так же: расширяется при нагревании. Можно ли это проверить? Такую проверку могут сделать сами ребята: положить на пустую бутылку пятак, а потом бутылку подогреть.

С обсуждения этой задачи можно начинать тему «Свойства воздуха». Можете удостовериться сами, что, увидев этот опыт в классе, ребята не раз проделают его дома, а потом поделятся с Вами своими открытиями.

Мне кажется, почти любую тему школьного курса естествознания можно изложить, опираясь на исследовательские задачи, причём эти исследования не потребуют специального оборудования. Тогда исследование смогут провести сами ребята при помощи учителя.

Если подать материал в исследовательском ключе не удаётся — значит, излагать его пока не стоит. Материал будет усвоен на уровне попугая: дети воспроизведут слова, не понимая толком их смысла.

А что потом?

Будем считать, что Вы познакомились с новым «инструментом» преподавания — открытыми задачами. Что делать дальше?

1. Для начала опробуйте трёхходовку на нескольких новых задачах. Для этого в конце статьи помещён мини-задачник. Часть задач в нём разобрана, остальные попытайтесь решить сами.

2. Выберите самую интересную для Вас тему и попробуйте составить по этой теме несколько открытых задач. Постепенно Вы сможете составлять открытые задачи к любой теме.

3. Предлагайте задачи из статьи и ваши собственные ученикам. По ходу решения обращайтесь внимание учеников на трёхходовку.

4. Предложите ученикам самим составлять исследовательские и изобретательские задачи. Недостатки не стоит критиковать, лучше вместе с детьми доработать задачу. Неплохие задачи могут получиться из вопросов, которые дети задают Вам на уроках.

Желаем Вам успеха.

Приложение. Мини-задачник

Не делай ничего наугад, а только по правилам искусства.

Леонардо да Винчи

Где Вы, доктор Айболит?

Из диких зверей самая опасная — лисица, потому что переносит бешенство. Из-за этого лисиц до последнего времени безжалостно отстреливали. Наконец изобрели вакцину против бешенства. Достаточно съесть капсулу, чтобы не заболеть, но лисиц не заставишь ходить на прививки. Как решить проблему?

Решение

Можно ли добиться, чтобы лечение лисиц произошло само собой? Другими словами, требуется, чтобы лисица сама приняла вакцину.

Располагает ли «доктор Айболит» ресурсами, позволяющими привлечь лисицу к вакцине? Таким ресурсом может быть любое лакомство, которое нужно смешать с вакциной. Швейцарские айболиты так и поступили: в шарики из рыбьей муки и жира закатали капсулы с вакциной и стали разбрасывать их на звериных тропах. Обладая тонким обонянием, лисы легко находят шарики и съедают — вместе с лекарством. В Швейцарии таким способом полностью искоренили бешенство среди диких животных.

Забор-невидимка

Вдоль автотрассы близ города Мюнхена построили недавно шумозащитную стену высотой четыре метра из небьющегося стекла.

Однако птицы, не замечая на лету невидимого забора, нередко разбивались об него. Так погибло множество птиц, и нужно было срочно искать выход из положения. Как, по-вашему, что нужно сделать?

Решение

Как сделать, чтобы птицы заметили забор?

Проще всего покрасить его. Но тогда возникает другая сложность: требуется много краски, да и работа растянется на долгий срок.

Зададим ещё раз вопрос: «Как сделать, чтобы...».

Как сделать, чтобы забор был покрашен, а краски ушло немного? Вы наверняка нашли уже выход из положения: нанести краску на стекло полосками. Именно так и предотвратили гибель птиц.

Что увидим — то проглотим!

Маленькие дети часто берут в рот и глотают пуговичные батарейки от электронных часов. Это опасно и временами плохо кончается. Как это предотвратить?

Светофор для слепых

Представьте себе картину: к светофору подошёл слепой. Иногда ему приходится долго ждать, пока кто-нибудь переведёт его через перекрёсток. Во многих городах эту проблему уже решили. Что для этого нужно сделать?

Орех (текст М. Пришвина)

Нашли орех, расколотый надвое, как будто его по линейке пилой срезали, и учёные долго думали: какой зверь мог так ровно разделить орех? Белка не могла, от белки скорлупа рваная, соня орешниковая, такая маленькая, тем более не могла захватить орех целиком в рот и распилить. Нечего говорить о мышах, полёвках и землеройках величиной почти с напёрсток. Известный зверь ни один не мог распилить орех на две половинки, а может быть, есть какой-нибудь неизвестный? Нет, все звери в лесу нам известны. Тут пришёл простой человек и сказал: «Леший грыз». А когда все засмеялись над его словами, он всех учёных окинул насмешливым взглядом и сказал: «А если неизвестных зверей в лесу нет и в лешего не верите,

то ведь нетрудно и догадаться, отчего расколосся орех».

Во саду ли, в огороде...

...рос зелёный огурец. Оказывается, температура огурца в любую жару на 1–2 градуса ниже температуры воздуха. Как огурцу это удаётся?

Осёл останется ослом

Однажды ишак, перевозивший мешки с солью, случайно упал в воду. С тех пор хитрое животное норовит на переправе лечь в воду. Но погонщик оказался ещё хитрее. Как он поступил?

Находка капитана Визе

На шхуне «Святой Фока» были и паруса, и паровая машина. Зима оказалась затяжной, и топливо для машины закончилось, когда судно находилось в открытом море. Можно было дотянуть до берега на парусах, но тогда бы морякам не хватило запасов пищи.

Капитан Владимир Визе всё же исхитрился и довёл шхуну до Большой Земли на машине. Где он взял топливо?

Кольцо — не украшение

При ловле рыбы с помощью ручных бакланов на шею этой большой птице надевают кольцо. Для чего?

Поющая статуя

В честь ассирийского царя Артаксеркса в Фивах была воздвигнута знаменитая чёрная поющая статуя. С восходом солнца статуя пела — издавала мелодичные звуки. Как бы вы это объяснили?

«Муравьиные яйца более народившей их твари».

Козьма Прутков.

Правда ли это? Если правда, то почему?

Я благодарю коллег из ЛОТ «Универсальный решатель» И. Андржеевскую, А. Гина, А. Камина-мл. и В. Тимохова. Они предоставили для статьи значительную часть задач.

Статья стала намного понятнее самому автору после обсуждения с упомянутыми коллегами, а также с учителями: Е. Брусковой (Москва), С. Гин (Гомель), М. Гундарь (Харьков), Р. Каминой (Луганск). Я благодарен им за помощь.

Рекомендуемая литература:

1. Альтшуллер Г.С. И тут появился изобретатель.
2. Викентьев И.Л. Лестница идей.
3. Гарднер М. Есть идея!
4. Гин А.А. Приёмы педагогической техники.
5. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Месяц под звёздами фантазии.
6. Тимохов В.И. Сборник задач по биологии, экологии и ТРИЗ.