

Рецензенты Г.С. Ковалева, Я.В. Мозганов.
Иллюстрации художников А.М. Гладышева, Н.А. Аслановой
Злотин Б.Л., Зусман А.В.
Изобретатель пришел на урок. – Кишинев: Лумина, 1989.

ОТ АВТОРОВ

Дорогие ребята! Эта книга в первую очередь предназначена для вас. Возможно, вы прочитали нашу первую книгу «Месяц под звездами фантазии», в которой мы рассказали об обучении школьников творчеству в школе развития творческого воображения (РТВ) при Республиканском Дворце пионеров и школьников Молдавии. Тогда вы уже знаете, что более сорока лет назад в нашей стране начала создаваться теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). С ее помощью можно научить изобретать каждого, кто захочет этому научиться. Знаете и одно из удивительных свойств этой теории: школьники осваивают ее гораздо легче» чем взрослые. Ребята охотно занимаются в школе РТВ: всем нравится решать хитрые изобретательские задачи, отвечать на странные вопросы, выполнять необычные задания, обсуждать все и вся...

Среди инструментов, необходимых изобретателю, огромную роль играет физика. Знание физических эффектов и явлений даже в объеме обычной школьной программы позволяет находить исключительно простые и красивые решения многих производственных проблем. День за днем решая изобретательские задачи, ребята не только овладевали техникой решения, но и вспоминали то, что проходили на уроках физики, химии, и удивлялись тому, сколько интересного скрыто в обычных школьных предметах. И тогда у нас появилась идея пойти в школу и с помощью элементов ТРИЗ, ее творческого подхода и педагогических находок, направленных на активизацию творчества, «оживить» обычные школьные уроки, совместить творчество и физику, химию, другие предметы.

Перевернув несколько страниц, вы встретитесь с героями этой книги – Изобретателем, Физиком и ребятами, побываете на уроках, где можно задавать любые вопросы, совершать открытия и даже шуметь. Многие из вас с интересом заглянут в учительскую, послушают, как Изобретатель и Физик обсуждают только что закончившийся урок. А самые любопытные не пропустят те страницы, где Изобретатель готовится к занятиям и отбирает из своей большой картотеки самые интересные и удивительные изобретения. И конечно, каждый из вас может попытаться самостоятельно решить приведенные в книге задачи. Не расстраивайтесь, если не сразу получится, – вполне возможно, что, прочитав еще одну главу книги, вы добьетесь успеха.

Мы надеемся, что книга будет полезна не только детям, но и взрослым. Учителям, которые ищут новые пути работы в школе, методы внедрения элементов творческого обучения. И родителям, чьи дети с немалым трудом, а чаще с великой неохотой «грызут гранит науки». Но наша книга – не учебник по физике для того или иного класса: разрабатывать учебники – дело профессионалов-педагогов. Наша цель скромнее – мы хотим показать, как можно использовать ТРИЗ в школе, заинтересовать педагогов (и не только физиков и химиков) возможностями новой науки. Именно для тех, кто захочет попробовать свои силы в этой интересной работе, мы ввели «Разговоры в учительской», где постарались разъяснить сложные моменты, ответить на вопросы, возникавшие на занятиях.

Для учителей и родителей предназначена и «книга в книге» – подборки материалов «Изобретатель готовится к занятиям» (ИГЗ). В них нет традиционных

методических элементов подготовки, и они не связаны непосредственно с описываемыми в книге занятиями – такую работу профессиональный педагог легко сделает сам. Главное, с нашей точки зрения, – это обеспечить преподавателя большим набором задач и примеров по каждой теме, которые можно превратить в задачи, фактов и историй, потому что они быстро «расходятся» и «рассекречиваются»: ребята, решив на уроке ту или иную задачу, потом рассказывают о ней друзьям из других классов, что делает невозможным ее повторное использование (решать задачу с известным ответом скучно). Эта рубрика прерывает нормальную последовательность изложения, давая возможность читателю остановиться, задуматься над прочитанным, порешать задачи.

Конечно, описания занятий, диалоги, разборы задач, приведенные в книге, сильно сокращены, из них убраны неизбежные повторы, многие ошибочные линии поиска, многочисленные отвлечения от темы. Мы старались сохранить главное – атмосферу приподнятости, увлечения на «изобретательских» уроках.

Работая над этой книгой, мы использовали не только свой опыт, но и опыт наших коллег и друзей, специалистов по ТРИЗ и РТВ, работающих со школьниками в Кишиневе, Ленинграде, Риге, Новосибирске, Норильске, Семипалатинске, Москве, Петрозаводске, Минске, Ангарске и других городах.

Авторы глубоко благодарны Г. С. Альтшуллеру, создателю ТРИЗ и руководителю всех работ по ТРИЗ в нашей стране за внимание и помощь в нашей работе и Р. М. Карачуну, директору кишиневской школы, предоставившему нам возможность и условия для работы со школьниками, а также друзьям и коллегам и, конечно, нашим ученикам, которые всегда старались как можно лучше решать задачи и тем самым помогли нам написать эту книгу.

ДЕНЬ ЗНАНИЙ

– Изобретатель?! Но такой профессии не существует! Профессия, специальность – это то, чему можно научиться, а изобретателем нужно родиться! – возмутился Конструктор.

– Действительно, здесь что-то не так, – поддержал его Химик. – Каждый человек должен выполнять какую-то работу, а изобретательство – это искусство, его нельзя планировать, трудно учитывать. Ведь иногда человек годами ничего не может придумать. А потом вдруг что-то подтолкнет, осенит – и готово: есть новая идея!

Изобретатель рассмеялся: обычная история! Стоит только назваться профессиональным изобретателем... Несколько сотен ребячьих глаз выжидающе глядели на него. Сегодня первое сентября, День Знаний. Ребята собрались в школьном зале послушать приглашенных в школу интересных людей – ученых, инженеров о взрослой жизни, работе, в которой должны пригодиться школьные знания.

Только что очень интересно выступали опытный инженер-конструктор и химик-исследователь, симпатичные, увлеченные своим делом люди. Но они дружно не согласны с тем, что изобретательство может быть не только хобби, но и работой, профессией. Ну что же, ничего страшного, подумал Изобретатель. Нужно подробнее рассказать о своем деле, убедить в своей правоте ребят, а если удастся, то и оппонентов...

– Как, по-вашему, работает изобретатель? – спросил он ребят.

– Сидит и рисует новую машину!

– Сначала нужно ее придумать!

– Вот он думает и рисует! А если не вышло, рисунок выбрасывает и начинает снова... Пока не получится.

– В принципе Вы правы, – улыбнулся Изобретатель. – Он пробует разные варианты, ошибается, снова пробует. Этот метод так и называли метод проб и ошибок – МПиО. Он очень древний. С его помощью создавались и совершенствовались первые орудия труда, потом различные машины. Только это был очень нелегкий, длительный процесс. Например, потребовались тысячелетия, чтобы создать такое чудо, как папирусная лодка древних египтян, способная, как доказал Тур Хейердал, переплыть океан.

– А почему так долго – столетия?

– Это недолго. Ведь как все делалось? Строили тысячи лодок: одни оказывались неудачными, тонули, другим везло больше. Так отбирались лучшие. А новые поколения пытались усовершенствовать то, что им досталось от отцов, и снова одни лодки гибли, другие становились быстрее, прочнее, больше.

– Так изобретали в древности. Сегодня люди, наверное, научились придумывать новое быстрее?

– Попыток как-то усовершенствовать перебор вариантов было много, но мало успешных. Существенно изменить положение смогла только созданная советским ученым и изобретателем Г.С. Альтшуллером теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). Она коренным образом изменяет технологию изобретательства, позволяет отказаться от перебора бесчисленных вариантов и изобретать «по правилам». Именно эта теория позволила сделать изобретательство профессией, заменить неуловимое

«озарение» хоть и сложным, высококвалифицированным, но доступным каждому трудом.

– Постойте,– перебил Изобретателя Конструктор,– получается, что достаточно выучить эти ваши правила (хотя в их существование верится с трудом) и, пожалуйста, можешь изобретать?

– Конечно, недостаточно... – начал Изобретатель, но Конструктор снова перебил его:

– Не нужно ничего объяснять! Лучше решите «по правилам» одну задачку, тогда и станет все ясно!

Изобретатель вздохнул. И это знакомо. Специалист не верит, пока сам не убедится.

– Хорошо,– сказал он.– Попробуем решить вашу задачу.

Только ТРИЗ вовсе не исключает специальных знаний. Наоборот, она их использует в полной мере. Поэтому задачу будем решать так: я стану задавать вопросы в соответствии с правилами теории изобретательства, а вы вместе с ребятами будете отвечать.

Именно так, работает профессиональный специалист по ТРИЗ, когда решаемая задача из той области знаний, с которой он слабо знаком. Он знает, что спросить, а с «задачедатель» – что ответить, И вместе они могут найти решение, которое каждый в отдельности не нашел бы, Сформулируйте вашу задачу, только попроще, чтобы ребята все поняли.

– Задача кажется простой, – начал Конструктор,– но вот уже много лет специалисты не найдут хорошее решение.

Задача 1. Якорь зарывается в грунт и держит корабль, не дает ему уплыть со стоянки под действием ветра или течения». Но обычный якорь на скалистом грунте не может зацепиться. Из-за этого многие гавани считаются непригодными для стоянки судов. А в портах места все меньше. Очень нужно научиться ставить корабли на якорь и в скалистом грунте. Как быть?

– Одно из важнейших правил ТРИЗ – представить себе идеальное решение, идеальный якорь,– сказал Изобретатель, внимательно выслушав Конструктора.– Правда, слово «якорь» плохое, оно сразу создает образ привычной конструкции с «лапами», а нам, очевидно, нужно от этого уйти, придумать что-то новое. Поэтому в соответствии с другим правилом ТРИЗ это слово нужно заменить на какое-то другое, не такое конкретное.

– Но это же смешно! – удивился Конструктор.– Якорь – точный, хороший термин. Термины помогают четко мыслить, зачем от них отказываться?

– Именно из-за четкости и конкретности. При поиске нового термины создают сильную психологическую инерцию, толкают нас» наши мысли в привычном, известном направлении, А мы ищем новые нехоженые пути. Поэтому назовем якорь как-нибудь иначе, например «держалкой» – держит корабль...

– Или «хваталкой»! – подсказал кто-то из ребят.

– Точно! – обрадовался Изобретатель. – Это даже лучше! И так, у нас твердая скала и «хваталка», которая, правда, пока плохо хватает. А к хваталке привязан корабль. Как представить себе идеальную хваталку?

- Она должна быть крепкой!
- Хорошо вгрызаться в грунт!
- Должна быть легкой!
- Дешевой!

– Нет, это не то, – остановил ребят Изобретатель. – Вы просто перечисляете обычные требования к якорям. Не так ли? – обратился он к Конструктору.

– Да, конечно, но их в самом деле гораздо больше. Впрочем в принципе правильно.

– А вот с позиций ТРИЗ это совсем не правильно. Что нам требуется от любого технического устройства? Чтобы оно выполняло свою функцию. Автомобиль должен доставить нас в нужное место, авторучка – оставлять след на бумаге. А все остальное – место для хранения, заправка (бензин или чернила), их стоимость, наконец, вредные эффекты (отравление воздуха, повышенная опасность автомобиля, возможность испачкать карман чернилами) – это расплата за полезную функцию. А у идеальной машины не должно быть никакой расплаты – только полезная функция. В ТРИЗ есть рабочее определение идеальной Машины: «Идеальная машина – это машина, которой нет, а ее функция выполняется, как по мановению волшебной палочки».

Так что такое идеальная хваталка?

– Корабль держится на месте без всяких якорей!

– Неплохая формулировка, но не очень точная – она совсем меняет задачу. Теперь нужно добиваться не улучшения постановки судна на твердый грунт, а сохранить местоположение корабля в любых условиях. Впрочем, это, по-видимому, тоже очень важная задача? – спросил Изобретатель у Конструктора. Тот кивнул.

– Какие еще будут формулировки? – продолжал Изобретатель.

– Хваталки нет, а хватание есть! Как в «Алисе...»: Чеширский кот уже исчез, а его улыбка осталась! – сказала девочка.

Сидевшая неподалеку Учительница посмотрела на нее неодобрительно: несерьезно! Но Изобретатель очень обрадовался такой формулировке:

– Правильно! Очень хорошо получилось! Хваталки нет, а хватание сохраняется. И отсюда следует четкое противоречие: хваталка должна быть, чтобы хватать, и не должна быть, чтобы... Что?

- Чтобы ее не нужно было возить с собой!
- Чтобы она не занимала места!
- Чтобы легко поднималась!

– Последнее требование уже от другого противоречия: хваталка должна быть, чтобы держать корабль, и не должна быть, чтобы корабль мог быстро сняться с места. Противоречие – такое же важное понятие ТРИЗ, как и идеальность. Обычно оно формулируется как противоположные требования к какому-то объекту. В нашем случае – к хваталке.

– Но зачем это все? – не выдержал Конструктор. – Такая путаница: вместо якоря – хваталка, противоречия. Ну как может выполняться функция, если ее некому выполнять? Ведь так не бывает!

– К сожалению, мы привыкли к тому, что для всего нужна своя специальная машина. Нужно что-то сделать – заказываем машину. Если не дают – ждем, когда будет. А вот в трудную военную зиму на Урале потребовалось установить в котлован многотонное основание тяжелого пресса, а крана для этой операции не было. И обошлись без крана. Как? Пусть ребята сформулируют идеальное решение – взмахнули волшебной палочкой и... что произошло?

– Основание само село на место!

– Свалилось, что ли?

– Нет, постепенно: зависло в воздухе и понемногу стало опускаться.

– Отлично! А теперь нужно подумать, как реализовать эту хорошую картинку. Что мешает?

– Основание не может зависнуть над ямой: тут же провалится, там же пустота.

– Теперь можно сформулировать противоречие: яма должна быть пустой, чтобы туда установить основание, и должна не быть пустой, чтобы оно не свалилось. Для того чтобы решить задачу, нужно разрешить противоречие. Есть специальные приемы разрешения. Например, нужно попытаться разделить противоречивые требования в пространстве или во времени. В нашем случае разделение в пространстве означает, что где-то пустота, а где-то нет. А во времени – в одно время пустота, в другое – нет. Что нам подходит?

– Во времени! Когда основание над ямой, в ней должно что-то быть, чтобы оно не упало, а потом это что-то должно исчезнуть...

– Мы уже совсем близки к решению. Осталось только догадаться, что умеет хорошо исчезать, а главное, быстро...

– Воздух! Нет, воздух не удержит основание... Вода?

– Оно утонет! Лед, нужен лед! Он крепкий и может таять!

– Конечно! Так и сделали. Залили котлован водой, она быстренько замерзла.

Подтащили основание, установили как нужно, а потом горелками выплавили лед. И основание встало точно на место! Крана не было, а его функция была выполнена!

Но, естественно, не нужно думать, что функция была выполнена совсем уж без ничего. Без ничего ничего и не бывает. Вот только вместо сложной машины удалось воспользоваться подручными средствами – ресурсами, как мы это называем в ТРИЗ. А теперь вернемся к нашей задаче с хваталкой. Как можно разрешить сформулированное нами противоречие: хваталка должна быть и не должна быть?

– Тоже во времени! Хваталка должна появляться и исчезать.

– А какие у нас ресурсы?

– Вода. Много воды.

– И здесь можно воду заморозить! Получится ледяная хваталка... Идея всем ребятам понравилась.

– Как вы считаете, ребята, мы решили задачу? – спросил Изобретатель.

– Да! Решили!

– Нет!

– Не совсем решили!

Мнения ребят разделились. Конструктор колебался:

– С одной стороны, интересно. С другой стороны... Трудно сказать.

– Конечно, мы не решили задачу, – твердо сказал Изобретатель. – Впрочем, это и не требовалось. Ведь решить задачу полностью – это создать годное к работе устройство, испытать его, убедиться в работоспособности. ТРИЗ для этого не предназначена. Мы сделали другое: нашли новую идею. Не так ли? – повернулся он к Конструктору.

– Наверное» вы правы. Эта идея с примораживанием... Ледяной якорь – плита опускается вниз и примерзает к грунту. Технически это? пожалуй, осуществимо. Конечно, есть неувязки: грунт неровный, между ним и плитой будут щели. Впрочем и воду в щелях можно заморозить. В плиту вмонтируем холодильник и нагреватель. Нужно быстро поднять якорь – включается нагреватель. В общем, идея интересная, проверить стоит. Так это и есть теория изобретательства? Что-то больно просто. Хотелось бы подробнее...

– Нет, конечно, ТРИЗ сегодня – непростая наука» обладающая разными инструментами для решения задач. Среди них самый мощный – алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), позволяющий выявлять скрытые в задачах противоречия и разрешать их, привлекая ресурсы. Мы сегодня воспользовались только некоторыми его элементами – идеальным решением, противоречием, ресурсами. Это потому, что задача с позиций ТРИЗ не особенно сложная. А подробнее о ТРИЗ можно узнать из книг, публикаций много. Вот некоторые из тех, что появились за последние несколько лет. – Изобретатель достал несколько книг из сумки и показал их ребятам.

– Спасибо, – поблагодарил Изобретателя Конструктор, а не могли бы вы очень коротко изложить основные идеи, суть ТРИЗ?

– Именно это я и собираюсь сделать, – ответил Изобретатель, откладывая книги в сторону. – Видите ли, всегда считалось, что изобретательство – таинственный, может быть, даже непостижимый процесс, происходящий в мозгу изобретателя.

Есть отдельные, талантливые люди, которым каким-то образом удается решать изобретательские задачи. Но как? Выяснить это не удавалось. Единственная рекомендация – думать над задачей как можно больше и настойчивее далеко не всегда помогает. Дело сдвинулось с мертвой точки, когда к процессу изобретательства подошли не со стороны психологии изобретателя, а со стороны техники. Ведь что такое изобретение? Это изменения в машинах, конструкциях, технологиях – в технических системах. И они, в отличие от психики изобретателя, легко поддаются анализу, изучению. Анализ сотен тысяч изобретений, проведенный более сорока лет назад Г. С. Альтшуллером, показал, что изобретения появляются не «как попало», а по определенным законам. Ведь не случайно в истории науки, техники отдельные открытия, изобретения делались одновременно разными людьми в разных странах. Вам, конечно, известны такие примеры? – обратился Изобретатель к ребятам.

– Ломоносов – Лавуазье! Закон сохранения вещества!

– Попов и Маркони – изобретатели радио...

– Лазер тоже изобрели у нас и в Америке!

– Нобелевскую премию за создание квантового генератора получили советские ученые Н. Г. Басов, А. М. Прохоров и американский ученый Ч. Х. Таунс, – уточнил Изобретатель. – Таких примеров немало, и они говорят о том, что закономерности существуют. А раз они есть, остается их выявить, познать и использовать для целенаправленного совершенствования техники, без сотен «пустых» проб. Это и есть

основное положение ТРИЗ. Изобретательству «по законам» можно успешно учить. В Кишиневе каждый год проходит такое обучение несколько групп инженеров со всей страны, Заканчивается оно обязательной выпускной работой, в которой слушатель решает свою производственную проблему, сделав одно или несколько изобретений.

– А вы только инженеров учите изобретать? – спросил мальчик из второго ряда. – А школьников можно учить?

– Конечно, можно, Я, собственно, и пришел вас пригласить в нашу школу при Дворце пионеров.

– Но, наверное, это обучение сложно для ребят? Справятся ли они? – спросила Учительница. – Ведь они еще так мало знают?

– Наоборот, ребятам легче учиться изобретательству» чем взрослым. Детям помогает отсутствие стереотипов, нешаблонное мышление. Когда мы учим взрослых, нам нужно сначала сломать привычный для них нетворческий стиль мышления, а потом учить мыслить по-новому. Такая ломка – довольно болезненный процесс. Да и учиться они отвыкли. А у детей ничего ломать не нужно. Мы обнаружили, что лучше всего учить даже не старшеклассников, а ребят из 6 – 7-х классов. Они прекрасно все осваивают.

Дело не только в стереотипах, в психологической инерции мышления взрослых. Ребятам очень помогают «свеженькие» знания по физике, химии, математике. Взрослые многое подзабыли, даже выпускники физических факультетов университетов.

– Ребята, сколько вы можете вот так, сразу назвать физических эффектов, явлений?

– Плавление! Кристаллизация!

– Испарение!

– Закон Архимеда!

– Цепная реакция! Электрическая дуга! Магнитные силы!

– Тепловое расширение! Полупроводник!

– Сила тяжести...

Изобретатель поднял руку, останавливая ребят:

– Когда мы начинаем занятия по изобретательству со взрослыми, даем задание: записать на листе бумаги как можно больше физических эффектов за полчаса. И в самых лучших работах – не более полутора—двух десятков! А ведь для решения изобретательских задач могут быть использованы тысячи физических эффектов, одни чаще, другие реже, но знание их просто необходимо изобретателю. Поэтому в ТРИЗ используется специальное пособие – указатель физических эффектов и явлений. Есть подобные указатели и для химических, геометрических эффектов, готовятся другие.

– Расскажите, пожалуйста, об изобретениях, сделанных с помощью физики, – попросили ребята.

– Как-то мне пришлось решать задачу обеспечения возможности выхода воздуха из находящегося под водой устройства. Вообще-то здесь ничего сложного – обычный клапан, который открывается, когда давление воздуха становится больше наружного. Задача оказалась в другом: клапан в воде обрастает мелкими ракушками, водяной растительностью и со временем перестает открываться, а если давление поднимется

намного и все-таки откроет такой клапан, то он не закрывается. Это, конечно, недопустимо. Как быть?

Первые предложения ребят Изобретатель сразу отклонил:

– Нет, нет, конечно, никакие щетки, очищалки для клапана не годятся, это сложно и ненадежно. Нужен простой физический эффект, способный помочь разрешить противоречие: клапан должен быть под водой, чтобы выполнять свою работу, и не должен быть под водой, чтобы не обрастать. Противоречие – это наиболее точная постановка изобретательской задачи, для его разрешения есть специальные приемы. Так как же может быть: предмет одновременно под водой и ... не под водой? Конечно, это водолазный колокол, например стакан, перевернутый и открытый снизу. Воздух в нем сжимается и не пускает воду. Достаточно надеть на клапан снизу кусок трубы, и обрастания не будет. Молодцы, ребята, – еще раз похвалил Изобретатель трех мальчишек-семиклассников, – вы повторили настоящее, совсем недавно сделанное изобретение!

– Есть много «физических» изобретений, – продолжал Изобретатель, – например, младенцы плохо держат обычный градусник. Недавно изобрели очень простой термометр-соску, в котором находится шарик из материала, меняющего свой цвет в зависимости от температуры». А как вы считаете, какой водой лучше тушить пожар: горячей или холодной?

– Конечно, холодной!

– Нет, ребята. Хотя холодная вода и отбирает больше тепла, но не это главное. Важнее то, что при соприкосновении с горящими предметами вода испаряется и отсекает от очага пожара кислород – виновника горения. А какая вода быстрее испарится? Конечно, горячая, лучше почти кипящая. Кстати, это придумали всего несколько лет назад. Или вот еще такие решения: воду, предназначенную для тушения пожара, при помощи спиральной насадки, надетой на шланг, заставляют вращаться, как в водовороте, тогда она летит дальше. Увеличить дальность струи можно и с помощью специальных химических веществ, которые делают воду «скользкой», она меньше трется о стенки шланга. Снижение вязкости воды под влиянием небольших добавок веществ называется эффектом Томса. Это уже химический эффект.

– А где же вы работаете «профессиональным изобретателем»?

– В Кишиневском межотраслевом научно-техническом центре «Прогресс». Наш центр как раз и создан для комплексного, всестороннего использования ТРИЗ. Мы проводим обучение специалистов разных предприятий (ежегодно к нам приезжают сотни людей со всей страны), решаем по заказу предприятий их задачи, улучшаем продукцию и технологию производства, оформляем патенты на изобретения, занимаемся внедрением новых идей в практику, дальнейшей разработкой ТРИЗ.

– Наверное, у вас интересная работа?

– По-моему, более интересной не существует на свете!

– Скажите, а ТРИЗ для решения научных задач не годится? – неожиданно спросил Химик. – У нас тоже...

Изобретатель был готов и с ним поработать, в ТРИЗ действительно есть методы решения исследовательских задач, но его остановила Завуч, напомнив, что сейчас прозвонит звонок на уроки, и поблагодарила от имени ребят Изобретателя, Конструктора, Химика и других приглашенных. Ребята разошлись по классам, а

Изобретатель немного задержался, рассказывая Конструктору и Химику, как можно записаться на обучение по ТРИЗ. Завуч поджидала его в дверях.

– Не могли бы вы зайти в учительскую? – спросила она.

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

В небольшой комнате сидели человек пять учителей разного возраста. Завуч провела Изобретателя к своему столу.

– Скажите, пожалуйста, вы действительно считаете, что для решения изобретательских задач достаточно школьных знаний? – спросила она.

– В принципе да, за некоторыми исключениями, – ответил Изобретатель. – Но придумать идею новой машины мало, нужно ведь ее еще спроектировать, рассчитать – здесь нужны специальные знания. Кроме того, без них не поставишь задачу. И еще...

– Понятно, что соответствующее образование необходимо.

Я о другом. Знаете, меня удивила сегодня активность ребят во время вашего выступления, даже тех, кто совсем не интересуется физикой, химией.

– Дети любят решать хитрые задачи. Но главное, я думаю, в том, что они почувствовали, что школьная физика, химия – не абстрактные знания, которые, может быть, пригодятся в будущем, а уже сегодня позволяют решать творческие задачи...

– Вот, вот! Нельзя ли использовать этот их интерес к решению головоломок для лучшего изучения школьных предметов? Изобретатель задумался. Ему не понравилось, что его задачи называли головоломками.

Но дело не в этом, Действительно, он замечал, занимаясь с ребятами ТРИЗ, что она резко повышает интерес ребят к наукам.

– Конечно, можно, – ответил он. – Но это не самое главное...

– А что же?

Изобретатель на секунду замялся, но все-таки решился:

– Главное в том, что вы очень плохо учите детей! – выпалил он. – Они не понимают физики! Я как-то дал девятиклассникам простенькую задачу на использование закона Архимеда, и они не смогли ее решить!

– Не может быть! Девятиклассники должны знать этот закон, – вмешался учитель физики, давно прислушивавшийся к разговору. – Или речь идет о каких-то двоечниках?

– Ничего подобного! Те ребята хорошо учились, и закон они знали. Даже научили меня необычной, хорошо запоминающейся формулировке:

Тело, втиснутое в воду,
Выпирает на свободу
Весом выпертой воды,
Телом втиснутым туды...

Учитель рассмеялся, Такое «определение» закона Архимеда он слышал впервые:

– Действительно, формулировка четкая. Хоть стихи и не выдерживают никакой критики.

– Закон они знают, а применить не могут, – продолжал Изобретатель, – потому что не представляют механизма его действия, как все происходит. Вот и не решили задачу.

– А что за задача? – не отставал Физик, Теперь к разговору прислушивались остальные учителя.

Задача 2. Вы сидите в лодке, плавающей на поверхности небольшого пруда. В лодке пудовая гиря. Вам надоело ее «возить» и вы выбросили ее за борт. Что станет с уровнем воды в пруду? Он подыметя, опустится или останется прежним?

Учителя задумались.

– Подыметя, наверное,– неуверенно сказал один.

– Останется прежним? Нет, опустится. Подыметя...– заспорили педагоги.

Через несколько минут задача была решена. – Конечно, все просто, если хорошо представлять себе как происходит действие,– сказал Физик. – А что это такое – хорошо представлять? Как вы этому учите? – спросил Изобретатель. И опять учителя несколько замялись.

– Представлять, понимать – это значит проникнуть в смысл явления, усвоить его, осознать, не так ли? – продолжал Изобретатель, не дожидаясь ответа на свой вопрос. – Видимо, так,– подтвердили учителя.

– Конечно, это ведь почти дословная цитата из толкового словаря русского языка. Только она ничего не, объясняет, потому что одни слова в этом определении объясняются через другие, такие же непонятные. А как же все-таки научить ребят понимать физику или химию?

– Если ученик может решать задачи по пройденным темам, значит, понимает.

– В принципе верно,– согласился Изобретатель,– только вот о каких задачах идет речь? Ведь немало задач решается просто по шаблону, по образцу, который можно зазубрить.

– Нет, понимание – это умение решать нешаблонные, новые задачи. Или старые – по-новому, – уточнил Физик.

– Вот и отлично! – обрадовался Изобретатель.– Значит, понимание связано с умением решать нестандартные задачи, по-своему подойти к ним, то есть творчески! Понимание – обязательное условие творчества в любой области. Именно вопросами творчества, творческого решения задач и занимается ТРИЗ, Вот этим подходом и может быть полезна ТРИЗ в школе, а не только завлекательными головоломками!

– Но ведь у хороших учителей ребята понимают материал. Вот, например, Шаталов...

– Товарищи, пора расходиться по кабинетам – прервала дискуссию Завуч. – Но разговор, конечно, очень интересный. Вы не могли бы зайти к нам еще раз?

– Могу, конечно, только одной-двух встреч недостаточно для освоения ТРИЗ. Тем более, что это дело непростое: ведь до сих пор никто не пробовал применять ТРИЗ для преподавания школьных предметов, нужно ее к этому приспособлять. Приходите к нам учиться, вместе попробуем.

– Это сложно. Вы же знаете, учителя – самый занятой народ, – возразила Завуч и задумалась. – Может быть, вы сможете приходить к нам в школу? Работать с учениками в классах, беседовать с учителями. И поможете приспособить ТРИЗ к школе.

Тем более, что у вас уже есть опыт преподавания ТРИЗ детям.

– Опыт есть, только это совсем другое дело, я ведь учил ребят только изобретать. Да и на работе я очень занят, – колебался Изобретатель.

– Ну, это не проблема, «Прогресс» – наши шефы, договоримся, – заверила Изобретателя Завуч. – Значит, решено?

Домой Изобретатель шел, унося под мышкой не поместившиеся в сумке учебники и программы по физике для разных классов. «Удивительная у меня способность «влипать» во всякие авантюры, – думал он, посмеиваясь над собой. – Мало мне своих забот. Но все-таки это должно быть очень интересно. И учить школьников нужно».

В начале нашего века французский психолог Теодюль Арман Рибо установил, что способность к фантазированию, к творчеству, воображению с возрастом человека сначала растет, достигает максимума примерно в 17 лет, а потом неуклонно падает в течение всей оставшейся жизни. А в наше время положение еще хуже: в результате акселерации возраст максимума снизился до 12 – 14 лет, да и сам максимум не так выражен. Сказывается телевизор, зубрежка, заменяющие творчество созерцанием, запоминанием. Самое обидное, что это падение творческих способностей вовсе не обязательный физиологический процесс, а результат плохой методологии обучения. Его можно в любой момент затормозить, остановить и превратить в сильный, быстрый взлет, если использовать теорию изобретательства, входящие в нее элементы развития творческого мышления. А еще лучше просто не допустить падения, начав работать с ребятами, которым сейчас по 12 – 14 лет. А, может быть, нужно начинать с первого класса? Или детсада? Нет, тут еще совсем целина, непонятно, как подступиться. Все правильно, нужно идти в школу!

ИГЗ: ФИЗИКА – ИЗОБРЕТАТЕЛЯМ, ИЗОБРЕТАТЕЛИ – ФИЗИКЕ

Начать подготовку к занятиям со школьниками Изобретатель решил в тот же вечер. Зачем откладывать хорошее дело в долгий ящик? Нужно отобрать из картотеки интересные изобретательские решения, в которых используется физика, и еще описания остроумных экспериментальных установок, способов исследования, изобретений, благодаря которым физика сама развивалась. Сделать выписки из книг. Изобретатель достал чистую папку и написал на ней «Физика – изобретателям и изобретатели – физике». Можно начинать!

Но прошло полчаса, а в папке ничего не появилось. По какому принципу отбирать? С какой целью?

Цели, в основном, были понятны: не дать ребятам потерять способность к воображению, привлечь их к учебе, используя для этого необычные задачи. А для себя – проверить, отработать методы работы с тем, чтобы ими могли воспользоваться коллеги – специалисты по ТРИЗ и учителя.

Он не будет повторять учебники. Будет рассказывать об изобретениях, причем не обязательно только о современных – нужно показать и древние изобретения, тогда нагляднее будет картина развития науки и техники, жизни на Земле.

Физика и изобретательство – когда же началось их «взаимовыгодное» сотрудничество? Наверное, с того времени, когда люди поняли, что высший авторитет в науке, последнее слово принадлежит не библии, не схоластам, не умершему за 300 лет до нашей эры Аристотелю, а природе, опыту. Природа может давать ответы на правильно поставленные вопросы. Вопросы-эксперименты. Одним их первых на этот путь встал Галилео Галилей. Ему принадлежат первые остроумные изобретения устройств, приборов, позволяющих «расспрашивать» природу, «подсматривать» ее секреты, «подслушивать» тайны.

Как измерить время падения предметов с башни? Ведь часов тогда еще не существовало. Галилей нашел подходящий ресурс, природные часы – удары пульса. Что же это за «часы», скажете вы. Ведь биение пульса зависит от множества разных обстоятельств, от волнения, например. Галилей это учел. Он измерял время полета по пульсу старого полуслеплого монаха, чье сердце уже забыло волнения.

Галилей изобрел и первый прототип термометра – термоскоп. Он представлял собой открытую трубку с пустотелым стеклянным шариком на ее конце. Шарик брали в руку и согревали её теплом, после чего другой конец трубки опускали в сосуд с водой. Когда воздух в шарике остывал, объем его уменьшался и в трубке поднималась вода – тем выше, чем больше была температура нагретого воздуха.

Галилей первым догадался использовать изменение свойств веществ при нагреваний как информационный ресурс. Сегодня это генеральное направление в

развитии измерительной техники. Об изменении температуры могут рассказать изменение размеров или формы тела, цвета и яркости свечения, электропроводности, частоты колебаний кристалла, магнитных свойств, индуктивности и электрической емкости, электродвижущей силы, тока, диэлектрической проницаемости. Трубка Галилея – древний предок всех нынешних термометров.

Галилей – революционер в науке! С него началось сближение и взаимопроникновение двух сторон человеческой деятельности, которые до того времени развивались отдельно, независимо: науки и техники. Технические изобретения помогали ему развивать физику, а знание физических законов – совершенствовать технику.

Долго боролись сторонники двух теорий теплоты. Одни считали, что теплота – это некая невесомая жидкость, ее называли «теплород» или «флогистон». Предполагалось, что когда тела трутся друг о друга, то в них «натекает» теплород из окружающего воздуха. Другие настаивали, что тепло – это движение мельчайших частиц вещества. Контрольные опыты для проверки гипотезы теплорода произвели физики Румфорд и Дэви. В опыте Румфорда сверлили изнутри ствол пушки тупым сверлом (внутри ствола доступ воздуха и, следовательно, теплорода затруднен) и наблюдали за ростом температуры.

Правда, в этом опыте полностью исключить доступ воздуха было невозможно. А опыт Дэви был поставлен очень остроумно: под стеклянный колпак, из-под которого был выкачан воздух, были помещены два ледяных бруска, которые с помощью несложного механизма приводились в соприкосновение, а затем в быстрое вращение. Лед плавился, вода нагревалась на 15 градусов. Здесь уже нельзя было говорить, что теплород появился из воздуха. В своем опыте Дэви разрешил несложное для нас, но казавшееся неразрешимым в те времена противоречие: к трущимся деталям, нужно иметь доступ, чтобы заставить их двигаться, и нельзя иметь доступ, чтобы не проникал воздух «теплорода».

Техника не раз «выручала» Дэви, с ее помощью он сделал много открытий.

Например, построив огромный по тем временам гальванический столб, он подробно исследовал электрическую дугу (правда, на 8 лет раньше ее наблюдал русский ученый В. В. Петров), стал основателем электрохимии. Но его открытия послужили и технике. Шахтеры всегда смертельно рисковали, опускаясь в шахту с открытым огнем – свечами, факелами, светильниками. Ведь если в шахте оказывался рудничный газ, взрыв был неизбежен. Дэви установил, что если окружить открытый огонь частой медной сеткой, то языки пламени, способные вызвать взрыв массы газа, не могут выйти за сетку, а свет и необходимый для горения воздух проходят без всяких потерь. Снова было разрешено противоречие: к пламени должен быть доступ воздуха,

чтобы оно горело, и не должно быть доступа, чтобы не было взрыва. Шахтеры навсегда были избавлены от опасности.

Молодой студент не поверил в теорию движения ледников, выдвинутую маститым геологом Н. С. Шалером. Последний утверждал, что из-за огромного давления многокилометровой толщи лед у основания ледника должен плавиться и скользить по «водяной смазке». Как это проверить? Студент решил смоделировать это грандиозное явление в обычных условиях. Он взял большой чугунный брус, просверлил в нем отверстие и подогнал к нему цилиндрок, который должен был служить поршнем. Оставалось залить в отверстие воду, заморозить ее и надавить на поршень мощным прессом, Расчеты показали, что давления, возникающие в отверстии, соизмеримы с давлением ледника на собственное основание. Но как узнать, расплавился ли лед под поршнем?

Ведь туда не заглянешь! Установить внутри датчик температуры? Но давление раздавит любой датчик, да и температура у льда и талой воды одинакова. Студент догадался использовать для индикации состояния льда главное свойство, которое отличает его от воды, лед – это твердое тело!

Он сделал так: залил воду в отверстие до половины, заморозил ее, потом положил на лед свинцовую пулю и долил воды, заморозив и ее. Получился столбик льда с вмороженной в него пулей. Его поставили под пресс. Давление было огромным, куда больше, чем в ледниках – сквозь микроскопические поры в чугуне выдавились тончайшие иглы льда! Брус сняли с прессы и, слегка подогрев его, вытащили из отверстия ледяной цилиндрок. Пуля по-прежнему находилась в его середине. Значит, давление не сумело расплавить лед, иначе бы пуля в воде утонула и оказалась бы вблизи дна.

Так начал свой путь в физике знаменитый Роберт Вуд. Его называли «гением эксперимента». Практически каждая из его почти трехсот научных работ – описание красивейших опытов с массой изобретений. Вуд обладал удивительным свойством находить самые простые решения (а это сложнее всего!), использовать любые имеющиеся под рукой ресурсы. Когда ему потребовалось очистить от пыли и паутины спектроскоп – деревянную трубу длиной 20 метров и диаметром 15 сантиметров, он, не долго думая, схватил свою кошку и запихал ее в трубу, закрыв ближайший выход. Кошка проползла по трубе к свету и выскочила из нее, волоча за собой шлейф паутины.

Талантом изобретательнейшего экспериментатора прославился и советский ученый, лауреат Нобелевской премии Петр Леонидович Капица. Однажды перед ним встало острое противоречие. Для проведения экспериментов по изучению свойств веществ в очень сильных магнитных полях была создана уникальная электрическая машина – ударный генератор, способный давать огромный ток – 72 тысячи ампер при напряжении 3000 вольт в течение сотой доли секунды. Этого времени оказалось достаточно для проведения опыта. Но в момент включения тока машина создает

маленькое «землетрясение», которое заставляет дрожать точные измерительные приборы, фотоаппараты, другую фиксирующую аппаратуру, искажает результаты эксперимента. Конечно, можно было попытаться как-то смягчить удар, установить амортизаторы, «подушки». Но особого эффекта это скорее всего не дало бы, а установка бы резко усложнилась. Капица нашел до гениальности простое, решение: генератор поместили в одном конце зала, а испытательный стенд – в другом. Электрический ток распространяется со скоростью света, а толчок – со скоростью звука, то есть намного медленнее. Пока он дойдет до стенда, испытание длительностью в сотые доли секунды успеет закончиться. И толчки не страшны.

Наверное, трудно найти человека, ни разу в жизни не слышавшего о выдающемся физике современности Альберте Эйнштейне. Интересно, что с 1902 по 1909 годы великий физик работал патентным экспертом в бюро патентов в г. Берне (Швейцария), то есть занимался рассмотрением различных изобретений. Именно в это время были выполнены его первые знаменитые работы: по специальной теории относительности, теории фотоэффекта (за эту работу он через 17 лет был удостоен Нобелевской премии), по теории броуновского движения, впервые позволившей экспериментально доказать атомное строение материи. Некоторые биографы Эйнштейна считают, что работа в патентном бюро не имела отношения к его деятельности в области физики. Но сам Эйнштейн считал иначе. Во многом эта работа – привычка разбираться с «хитрыми» задачами и решениями, преодолевать психологическую инерцию – помогала формированию его физического мышления. Не все знают, что Эйнштейн был активным изобретателем, ему принадлежит более 20 разных патентов, причем отнюдь не на безделушки. Он автор идеи «потенциал-мультипликатора» – прибора для измерения чрезвычайно малых напряжений. Этот прибор ему понадобился для подтверждения собственных теоретических выводов о малых изменениях (флуктуациях) напряжения в конденсаторах, связанных с хаотическим движением электронов. Прибор усиливал сигнал в 360000 раз и устарел только с появлением современной электроники. Навигационные гироскопические устройства, новые холодильные машины и магнитогидродинамические насосы, магнитострикционный громкоговоритель, экспонометр и многое другое – таков круг технических интересов Эйнштейна. Крупнейший физик-теоретик наших дней был и прекрасным изобретателем!

Задача 3. Весна. Колхозники готовят картошку для посадки, а на поле с прошлого еще года затаился коварный враг – нематода, черви-вредители. В своих коконах они могут ждать не один год, а как только почувствуют запах картофельного сока из поврежденных при посадке клубней, вылезут из коконов и доберутся на горе крестьянину до лакомого обеда. Конечно, существуют химические методы борьбы, но они опасны не только для вредителей, которые научились неплохо приспосабливаться к химии, но и для людей, которым потом придется есть картошку с этого поля. Как быть?

Задача 4. Изобретателю надоело писать. Он достал инструменты и принялся портить футбольный мяч. Вынул камеру, надрезал, закрепил внутри грузик на упругой

пружинке. Потом тщательно заклеил камеру, засунул в покрышку и накачал. Вышел на улицу и ударил для пробы по мячу. «Поиграем завтра с ребятами на школьном стадионе», – подумал он и рассмеялся. Над чем он смеялся?

Задача 5. Дело было очень давно. Английский король Ричард Львиное Сердце возвращался из крестового похода и бесследно исчез где-то по пути (потом стало известно, что его пленил и заточил в крепость герцог Австрийский). Найти короля взялся трубадур Блондель Нельский, Он очень любил Ричарда – героя и поэта, с которым они вместе сочинили и спели немало песен в былые времена. Но как же его найти? Можно сотню раз проехать мимо темницы, где он томится, и не знать, что друг за стеной... Как быть?

ПОМОЧЬ АРХИМЕДУ

Через несколько дней в квартире Изобретателя раздался телефонный звонок.

– Здравствуйте, я учитель физики. Помните, мы с вами беседовали о законе Архимеда? Мы завтра его будем повторять. Приходите на урок!

– С удовольствием!

...Изобретатель сидел за последним столом. У доски мучился рослый ученик.

– Тело легче воды, плотно лежащее на дне стакана, не всплывет, потому что... там атомы... или молекулы... Оно вытесняет...

– Нет там никаких атомов и молекул! Там маленькие человечки, – не выдержал Изобретатель. – Вы разрешите? – обратился он к Физику. Тот кивнул. В полной тишине среди замершего от удивления класса Изобретатель прошел к доске.

– То есть, атомы и молекулы, конечно, есть, – улыбнулся он, – но не будем о них думать! Представим себе, что вода состоит из маленьких, маленьких человечков, с ручками, ножками. Они теснятся толпой, толкают друг друга, стараясь занять свое место в сосуде. Идите сюда! – позвал он ребят с первых парт, – и вы тоже, и вы.

У доски столпилось полкласса. Это – человечки воды. Всем очень нужно добраться до стенки – так сила тяжести тащит частицы воды на дно стакана. Немного и с удовольствием потолкавшись, ребята заполнили в несколько рядов узкое пространство между столами и стенкой.

А теперь в воду бросили тяжелый предмет – это Сережа, отвечавший у доски. Он сильнее других, и ему тоже нужно попасть к стенке!

Сильный Сережа быстро растолкал смеющихся одноклассников и прижался к стенке. Ребятам пришлось освободить ему место и «уровень жидкости в сосуде» возрос. Но движение не прекращается: по условиям задачи они пытаются вытолкнуть Сережу. Несколько ребят попытались втиснуться между ним и стенкой, но Сережа это быстро пресек.

Небольшая перестановка: место Сережи занял маленький Юра. Ребята общими усилиями быстро выталкивают его «наверх».

А теперь новое задание. Юра прижался к стене очень плотно, между ним и стенкой втиснуться нельзя. Ребята стараются, давят на него со всех сторон (а тянуть по условиям игры нельзя), сильнее прижимая его к стене. Вот он и не может «всплыть»!

Ребята сели на места.

– Для того чтобы понимать законы физики, – сказал Изобретатель, – действующие, например, в жидкости, нужно четко представлять, что там на самом деле происходит. Но это не так-то просто. И тогда на помощь может прийти метод, который в ТРИЗ называется ММЧ – моделирование маленькими человечками. Ведь в изобретательских задачах тоже очень важно представлять себе, какое действие мы хотим получить, как оно проходит. И мы воображаем, что в нашем распоряжении множество маленьких человечков, они нас слушаются, нужно только знать, как ими командовать. Вот, например, на одном предприятии возникла задача...

Задача 6. Представьте себе деталь, напоминающую гвоздь, у которого нужно покрыть серебром заостренный конец. Серебрение происходит в ванне, наполненной раствором солей, содержащих серебро. Для погружения деталей в ванну используют

пластмассовый лист с прорезями, в которые устанавливают «гвозди». Концы торчат вниз, а сами «гвозди» удерживаются «шляпками» за края прорезей. Затем лист кладут на края ванны, и концы оказываются в растворе. Но в течение дня уровень раствора в ванне колеблется (часть раствора испаряется, расходуется), за ним нужно следить, иначе детали – в брак. Как быть?

– Нужно сделать систему автоматического подлива раствора. Очень просто – датчик определяет уровень жидкости, дает команду на открывание крана. Можно использовать ЭВМ, – предложили ребята.

– Конечно, ЭВМ неплохо поставить. Но ведь они недешево стоят. Наверное, если бы можно было обойтись без ЭВМ, найти какое-то простое и дешевое решение, было бы лучше? Давайте поэксплуатируем маленьких человечков! Нет, к доске выходить не нужно! Просто нарисуйте человечков в своих тетрадях.

...Толпа человечков раствора. Над ними – мост, а с моста свисает столб – это наш «гвоздь». Человечки облепляют столб и уходят из раствора вместе с ним. Теперь их осталось меньше, и следующий столб покрывается человечками не на всю нужную высоту. А потом их еще меньше. Что же им делать? – Пусть ванна с человечками поднимается постепенно навстречу столбу!

– Нет, лучше пусть столб опускается!

– Он же на мосту закреплен, мост не может опускаться!

– Может! Бывают мосты, которые плавают, я такие в кино про войну видел!

Понтонные!

– Точно! Можно лист с деталями поставить на поплавки, пусть он плавает в ванне!

– Правильно! – сказал Изобретатель. – Так и была решена эта задача. Только решали ее несколько лет. А почему вы ее решили так быстро?

– Помогли маленькие человечки.

– И еще Архимед!

– Хорошо. Вот еще задача.

Задача 7. При производстве стальных труб очень важно отрезать от слитка заготовку точно заданной массы, тогда все трубы будут иметь нужную длину. А слитки разного размера, формы. Установили множество датчиков, которые определяли форму слитка, его размеры, ЭВМ высчитывала вес и указывала, где резать. Но система получилась дорогой и капризной. Датчики забрызгивались маслом, к ним приставала летящая окалина, они начинали ошибаться, часто вообще отказывали. Как быть? Может быть, опять выручит старик Архимед? Подумайте дома.

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

– Хорошо, – говорит Физик. – Допустим, ребятам такое занятие нравится. Интересно, весело и польза какая-то, несомненно, есть. Но ведь это же несерьезно! Разве можно так извращать науку. Науку! – повторил он, явно произнося это слово с большой буквы. – Разве можно с ней так обращаться: человек сюда, человек туда!

– Вы уверены, что настоящая наука делается только серьезно? – спросил Изобретатель.

– Ну конечно! Ученые, профессора пишут строгие учебники, есть книги, в которых рассказывается, как делается наука.

– Да, действительно, учебники серьезные, профессора величественны... А если допустить, что это плохие учебники? Впрочем, не плохие, а... Понимаете, любая наука, раздел науки, теория проходит в своем развитии несколько этапов: детство, когда идея только зарождается; юность – период быстрого и эффективного развития; зрелость, когда все основные положения сформулированы, идет уточнение, совершенствование формы; и наконец старость, когда отжившая теория становится тормозом на пути новых идей.

На первых этапах новой наукой занимается немного людей, они, как правило, хорошо знают друг друга, переписываются, общаются, обсуждают свои работы, причем в этом общении много юмора, фантазии, вообще «несерьезности», которая помогает придумывать и воспринимать идеи, часто довольно «дикие» с точки зрения здравого смысла. На первых этапах требуется творчество высокого уровня, а оно невозможно без расторможенности, игры, шуток. Известно, как много смеялись, даже дурачились физики в знаменитой «школе Бора», положившей начало квантовой физике. А вот в период зрелости и, в особенности, старости в науке становится «тесно», возникает жестокая конкуренция. Знаете, мне иногда кажется, что сложность зрелой теории, ее могучая математическая оснащенность призваны не столько прояснять, сколько скрывать смысл науки, в некотором роде способ «защиты» своего места в науке, с одной стороны, от «непосвященных», с другой стороны, – от вторжения новых идей, подрывающих монополию признанных сегодня специалистов. Не зря говорят, что, изучая науку, нужно в первую очередь читать классиков. У классиков все проще и понятнее, основные идеи не «спрятаны» за сложными математическими выкладками. На первых этапах развития науки большую роль играют простые и наглядные мысленные модели, помогающие представить, что «внутри» изучаемой системы.

– Может быть, в чем-то вы правы, – задумчиво произнес Физик. – Рассказывают, что гениальный физик Лев Давыдович Ландау всегда стремился сделать объяснение сложных вещей простым, наиболее ясно отражающим истинную суть лежащих в основе наблюдаемых явлений законов природы. Себя он называл великим тривиализатором, а своих коллег убеждал, что чем теория проще, тем она лучше. Коллеги возражали, что тогда каждый дурак все поймёт и станет везде кричать: «За что им такие деньги платят?!» Ландау на это отвечал, что если сделать выступление непонятным, дурак все равно не поумнеет. И еще пример вспомнил: в своё время Максвелл, разрабатывая сложнейшие вопросы термодинамики, придумал «демона» – микроскопическое волшебное существо, которое стоит у дверцы, разделяющей на две

части сосуд с газом, и пропускает из одной части в другую через эту дверцу только быстрые молекулы. Благодаря таким действиям «демона» газ в одной части нагревается, а в другой – остывает...

– Да, «демон» Максвелла – известная теоретическая модель, много давшая развитию физики. Ее часто вспоминают. Еще рассказывают, что Кёкуле придумал знаменитую замкнутую структурную формулу бензола, увидев, по одним сведениям, во сне змею, ухватившую себя за хвост, по другим – фургон на улице, перевозивший обезьян. Мартышки резвились, повиснув на сетке фургона, образовав замкнутое кольцо. Есть и другие примеры, Как вы считаете, отображение сложных технологических процессов на дисплее – серьезная проблема?

– Думаю, да. Обычно оператор должен следить за множеством параметров, чтобы в нужный момент вмешаться.

– А как отразить одновременно зависимость процесса от десятка или даже более параметров?

– Наверное, с помощью кривых, графиков.

– На одном графике можно показать взаимосвязь двух параметров, в крайнем случае нескольких пар, но тогда получается ненаглядно, трудно следить за их изменением. А американский математик Г. Чернов в 1973 году предложил метод, получивший впоследствии название «лица Чернова». Суть его в том, что все данные, характеризующие процесс, изображают в виде забавной человеческой физиономии. Каждый элемент такого «портрета», например размер носа, рта, форма лица, бороды, усов, соответствует какой-то характеристике. И изменяются они соответственно. Например, чем выше температура, тем сильнее вытягивается физиономия или растут уши. А падение давления, допустим, уменьшает размер глаз. При появлении какого-то побочного, вредного вещества «вырастает» борода, при исчезновении нужного – человек лысеет. Любое изменение деформирует «лицо», меняет его выражение. А рядом – «лицо» эталонное, для сравнения. Иногда эталонной является половина «лица», другая половина отражает процесс. Оператору нужно следить, чтобы «лицо» не перекашивалось. Вот, посмотрите, – Изобретатель пододвинул к себе лист бумаги и нарисовал на нем несколько смешных рожиц.

– Действительно, забавно! – рассмеялся Физик. – Интересно, а как такой метод использовать в школе? Например, изображать «лицо» класса? Все-таки несолидно.

– Есть такой фантастический рассказ «Опаляющий разум», его автор Г. Альтов (это литературный псевдоним автора ТРИЗ Г. С. Альтшуллера). Там сформулирован «принцип сохранения солидности»: чем больше солидности во внешнем проявлении, тем меньше ее в деле!

– Но все-таки, почему именно маленькие человечки? – допытывается Физик. – Почему не «дрессированные» атомы, молекулы? Это как-то более «физично», что ли...

– Маленькие человечки, муравьишки, осьминожки – мои ребята охотно их рисуют (наверное, под влиянием мультфильмов) – в принципе все равно. Но лучше одушевленные существа, чем безликие дрессированные молекулы. Человечкам можно приказать, объяснить. С ними намного интереснее.

– Возможно, – согласился Физик. – Но меня вот что волнует. Вы сказали, что веселость, несерьезность характерна для первого этапа развития науки, творческого

этапа. А мы даем ребятам давно известные вещи. Выходит, здесь шутки необязательны?

– Ну почему же? Разве трудно любой, даже много раз слышанный материал изложить по-новому, как будто старое открытие сделано вот только сейчас, здесь, прямо на уроке?

– Можно, конечно, такой метод давно известен – проблемное обучение, – заметил Физик. – Сегодня о нем много пишут, говорят.

– Да, по постановке задачи это проблемное обучение. А вот насчет того, что все это давно известно... Но об этом мы с вами в другой раз поговорим, – заторопился Изобретатель.

– Договорились! – сказал Физик. – Но я надеюсь, что разговор о маленьких человечках тоже не закончен. Следующая тема – тепловые и молекулярные явления, наверное, и здесь человечки могут быть полезными?

– Конечно! – И Изобретатель попрощался, предварительно условившись о следующем посещении.

ИГЗ: ТВОРЦЫ НОВОГО

Продолжая начатую работу, Изобретатель решил, что ребятам стоит рассказать не только о физиках, но и о выдающихся изобретателях. Конечно, такое разделение весьма условно, как уже отмечалось, многие физики были прекрасными изобретателями. Вот и изобретения П. Л. Капицы неразрывно были связаны с его открытиями, а во многих случаях последние были сделаны благодаря первым. Об одном из его изобретений уже рассказано. А вот другая история.

....

П. Л. Капица исследовал свойства искусственной шаровой молнии, которую он получал на созданной под его руководством установке с помощью сверхвысокочастотного электромагнитного излучения. Шар плазмы удерживался в центре заполненной гелием камеры магнитным полем. Плазма горячая и, будучи менее плотной, чем холодный гелий, все время пыталась всплыть. Сотрудники Капицы предлагали сложные решения, связанные с удержанием молнии в центре с помощью более мощных магнитных полей. Но он не воспользовался их советами. Подсоединив к камере обыкновенный пылесос, он заставил вращаться гелий в камере, и более легкая молния зависла в центре подобно тому, как чайники в середине стакана при размешивании.

Жидкий воздух получали в поршневых детандерах – машинах, очень похожих на паровой двигатель. Сжатый под большим давлением газ поступал в цилиндр и расширялся, двигая поршень. При этом тратилась энергия на работу поршня, поэтому газ охлаждался. Конструкция поршневых машин была достаточно сложной, а производительность невысокой. Известно, что в энергетике давно отказались от поршневых паровых машин и перешли к паровым турбинам, сегодня такие есть на любой тепловой электростанции. По аналогии с энергетикой давно предлагали такие же турбины использовать и для сжижения газа. Но попытки эти оказывались неудачными – коэффициент полезного действия был низок. «Инженеры, загипнотизированные аналогией тепловых процессов в холодильных и паровых машинах, просмотрели очень важный фактор. Они упустили из виду, что воздух благодаря своей большой сжимаемости при низких температурах становится настолько плотным, что по своим физическим свойствам гораздо больше напоминает воду, чем пар. Это приводит к тому, что холодильные турбины надо строить не по образцу паровых, а по образцу водяных», – рассказывает П. Л. Капица. Один из самых трудных моментов в изобретательстве – освободиться от гипноза известных решений, от психологической инерции!

Во время войны ожижители Капицы снабжали кислородом армию, медицину, военную промышленность. Был создан специальный главк «Главкислород», который возглавил П. Л. Капица. За эту работу он после войны получил звание Героя

Социалистического Труда. Вторично этого звания он был удостоен в 1974 году за научные успехи...

К 1933 году максимальная скорость истребителя была чуть выше 300 километров в час. Военные требовали повысить ее до 450 километров, но конструкторы считали такую скорость нереальной. Спор между военными и конструкторами решался на совещании, которым руководили два наркома – по военным и морским делам К. Е. Ворошилов и тяжелой промышленности Г. К. Орджоникидзе. Первыми выступили представители авиапромышленности. Развесив красивые плакаты, на которых пересекались кривые мощности моторов и сопротивления воздуха, они научно доказали, что предельно достижимая скорость – 350 километров. Потом взял слово начальник вооружений РККА (Рабоче-Крестьянской Красной Армии) М. Н. Тухачевский: «Да, теперь мы, наконец, поняли... Спасибо. Кривые пересекаются... Но поймите и нас – машина, которую мы у вас требуем, уже построена! И летает! Вот отчет о ее испытаниях в нашем НИИ. А вот и ее конструктор – комбриг Бартини Роберт Людвигович!»

Самолет «Сталь-6» конструкции Бартини был прорывом в будущее, качественным скачком. Он стал прародителем практически всех самолетов второй мировой войны: обтекаемых монопланов с убирающимися шасси, с прекрасной аэродинамикой.

Но как сын одного из богатейших и знатнейших сановников Австро-венгерской империи, впоследствии государственного секретаря Итальянского королевства, барон Роберто Орос Ди Бартини стал комбригом Бартини, крупнейшим авиаконструктором, имя которого было рассекречено только в семидесятых годах и о котором до сих пор мало кто знает?

...Первая мировая война, разношерстная австро-венгерская армия. В части, где служил кадет (кандидат на производство в офицеры) Бартини, произошло довольно обычное событие: солдат недостаточно молодцевато приветствовал лейтенанта, тот его избил. Солдат не выдержал, ответил пощечиной и был расстрелян по решению военно-полевого суда. Через несколько дней после этих событий тот же лейтенант остановил Бартини; «Почему не отдаете честь?» «Свою нужно иметь»,— ответил дерзостью кадет и успел выхватить пистолет первым. От казни спасло чудо – ворвались казаки и освободили его из каменного подвала. Бартини попал в лагерь военнопленных под Владивостоком, где (как шутили друзья) и набрался барон «социально чуждых идей». Бартини стал коммунистом и членом Центрального комитета компартии Италии 21 января 1921 года, в день ее создания. Он вошел в ее боевую группу. Накануне Генуэзской конференции, первой, в которой приняли участие представители молодой Советской республики, аристократ Бартини проник в белогвардейскую организацию, готовившую покушение на русскую делегацию, и сумел предотвратить его. Революционную работу он совмещал с учебой в политехническом институте, хотел стать авиаконструктором.

Его выдал предатель. Бартини был объявлен вне закона, и по решению ЦК Итальянской компартии он уехал в Советский Союз. Уехал с большим трудом – его пытались убить, рана была тяжелой – врачи зафиксировали состояние клинической смерти. Пытались отравить, выкрали документы.

В работе авиаконструктору Бартини более всего помогали могучее воображение, великолепное знание физики и математики, умение разрешать противоречия. Действовал он так; формулировал наиболее контрастное противоречие «ИЛИ – ИЛИ» – противоположность, исключающую решение задачи, а потом заменял эту формулировку на «И – И», то есть совмещение противоположностей!

Работая над проектом дальнего арктического разведчика ДАР, Бартини доложил Всесоюзному совету по аэродинамике, что в некоторых случаях воздушное сопротивление может не мешать, а наоборот, помогать полету! Его можно превратить в дополнительную тягу. Это было более чем странно. Отрицательное сопротивление, дополнительную тягу на ДАРе создавала мотогондола – большое кольцо, окружавшее двигатель. На испытаниях сначала включили двигатели, дали нормальную расчетную тягу, потом направили на двигатель мощный поток воздуха из аэродинамической трубы, моделируя скоростной напор. И вдруг в нарушении всех привычных представлений установка словно рванулась навстречу потоку! Тяга винтов подскочила на 30%. По предложению известного аэродинамика профессора И. В. Остроградского это явление назвали эффектом Бартини. Оно используется и сегодня для повышения эффективности воздушных винтов и самых современных турбовентиляторных двигателей. Бартини задавал авиационную «моду». Его самолеты, кроме одного, не выпускались серийно, но блестящие идеи и находки тиражировались в самолетах других конструкторов. Всю жизнь он отдал выполнению клятвы, которую дал еще в двадцатых годах своим друзьям – членам ЦК компартии Италии: всеми силами содействовать тому, чтобы «красные самолеты летали быстрее черных».

В первые трудные месяцы войны огромную роль в борьбе с немецкими танками сыграли бутылки с зажигательной смесью. Придумал их советский изобретатель А. Т. Качугин. Устройство их было несложным: к бутылке с бензином привязывалась ампула с серной кислотой. Когда бутылка разбивалась о танк, лопалась ампула, серная кислота смешивалась с небольшим количеством бертолетовой соли и сахарной пудры, воспламенялась и поджигала бензин.

А. Т. Качугин изобрел и «партизанское мыло» – спецмастику, которая действительно мылилась, не вызывая подозрений у фашистов. Но кусок ее, прикрепленный к вагону или паровозу, сам воспламенялся при сильном обдуве воздухом во время движения. Температура достигала тысячи градусов, начинался пожар. Трудно было установить причину пожара. А изготавливалось это «мыло» прямо на квартире у Качугина, с которым работали два помощника. По ночам к ней подъезжали грузовики, грозное оружие доставлялось партизанам самолетами.

Занимался А. Т. Качугин и медициной. Он знал, что радиоактивное облучение повышает вероятность появления раковых опухолей. Кроме того, ему было известно, что многие радиоактивные вещества, поступая в организм вместе с пищей, водой, благодаря космическому излучению и т. д. накапливаются в нем. К старости радиоактивность тела человека примерно в 250 раз выше, чем в детстве (так было и до атомных взрывов в Хиросиме и Нагасаки, испытаний ядерного оружия, аварий на атомных станциях). Знал Качугин и третий факт: в атомных реакторах Поглощают радиоактивное излучение, потоки нейтронов с помощью кадмиевых стержней. Качугин сумел три, казалось бы, разрозненных, никак не связанных между собой факта увидеть в единой системе и предложил гасить «биологический пожар», вводя в организм соединения кадмия, чем сильно удивил врачей. Более двадцати лет идею Качугина не воспринимали всерьез. А он изобретал в разных областях: в электронике, измерительной технике, сельском хозяйстве; совершенствовал двигатели внутреннего сгорания, приборы и способы физических экспериментов, военную технику и многое другое.

Много лет назад четырнадцатилетний Нурбей поставил перед собой цель придумать «энергетическую капсулу» – какое-то устройство, способное накапливать энергию и отдавать ее людям, когда потребуется. Казалось бы, таких капсул существует предостаточно: тепло запасает термос, расплавленное вещество. Запастись энергией можно в гигантском конденсаторе, аккумуляторе, в катушке индуктивности. Но юному изобретателю хотелось придумать свой способ, более эффективный. Профессор Н. В. Гулиа стал специалистом по маховичным аккумуляторам – грузам, раскрученным до очень высокой скорости. Маховики, известные людям с древнейших времен, оказались наилучшими накопителями энергии.

Но маховик – довольно опасная штука: чем сильнее его раскрутишь, тем больше запасешь энергии. При этом возрастают инерционные (раньше их называли центробежные) силы, которые, достигнув предела прочности маховика, могут разорвать его. Тогда вся запасенная могучая энергия обратится в энергию разрушения. Гулиа придумал, как исключить такую опасность. Сконструированный им накопитель получил название «сверхмаховик». Его изготавливали, наматывая с большой силой стальную ленту на каркас, склеивая витки друг с другом. В такой «обмотке» возникают большие усилия, направленные к центру маховика (попробуйте на палец намотать кусок резинки – сразу почувствуете, что с каждым витком пальцу становится больнее). Такая конструкция называется предварительно напряженной. Когда маховик начинает вращаться, возникающие при этом центробежные силы сначала «разгружают» ленту от предварительного напряжения, а только потом начинают растягивать ее. Но даже если усилия превысят допустимые и лента разорвется, то ничего страшного не произойдет; отойдет наружный виток в сторону, станет тереться о стенки корпуса, тормозя маховик. Как еще лучше прижать витки маховика друг к другу? Например, можно намагнитить витки, тогда они станут притягиваться к

расположенному в центре магниту. А можно мотать маховик из двух параллельных лент, разделенных слоем клея, обладающего электроизоляционными свойствами. Теперь если одну ленту зарядить положительно, а другую – отрицательно, появится притяжение за счет электрических сил. А реализовать эту идею можно с использованием вращения – вывести на ось две щетки, которые будут тереться о неподвижный диэлектрический материал и заряжаться благодаря трению.

Много изобретений сделал Н. В. Гулиа, его ученики и последователи, чтобы маховики заработали. Для исключения трения в подшипниках он сконструировал магнитные опоры. Чтобы не было трения о воздух, супермаховик поместили в вакуумную камеру. Тут же была размещена электрическая машина, которая должна раскручивать маховик и снимать с него энергию. Не исключено, что когда-нибудь на улицах наших городов появятся экологически чистые маховичные автомобили, которые будут изредка, не чаще, чем сегодня заправляют бензином, «заводить» на специальных станциях...

Задача 8. Много лет П. Л. Капица руководил созданным им Институтом физических проблем. Даже за дисциплину в своем институте он боролся изобретательскими методами. В институте не было проходной, вахтеров, за опоздание не объявляли выговоров, и все-таки опозданий не было. И не только потому, что все были увлечены работой, но и благодаря одному хитрому изобретению Петра Леонидовича. Что он придумал?

Задача 9. Создавая новый самолет, Р. Л. Бартини столкнулся со сложной проблемой – необходимо было сварить при помощи точечной сварки нержавеющей и хромомолибденовую сталь. Однако требования к сварке у этих сталей совершенно разные: нержавейку нужно варить коротким и мощным токовым «ударом», чтобы из нее не успели «выпасть» легирующие вещества. А хромомолибденовую, наоборот, медленно, слабым током, чтобы не перегреть, иначе она станет хрупкой. Как быть?

Задача 10. А. Т. Качугину как-то предложили казавшуюся неразрешимой задачу – измерить температуру долгоносика – крохотного насекомого, вредителя полей. Миниатюрных термопар тогда еще не было. Как быть?

КОГО СЛУШАЮТСЯ МАЛЕНЬКИЕ ЧЕЛОВЕЧКИ?

На следующем занятии по просьбе Изобретателя снова вышли к доске ребята с первых парт.

– Станьте подальше друг от друга и крепко возьмитесь за руки! – сказал он. Когда ребята выстроились, Изобретатель подошел к первому в ряду и дернул его за руку. Все ребята почти одновременно сдвинулись с места.

– На что это похоже? – спросил Изобретатель.

– На веревку...

– На палку...

– В принципе верно, а точнее – на твердое тело. Как видите, оно состоит из человечков, крепко сцепившихся друг с другом: дернул одного – двинулись все. А теперь опустите руки.

На какое агрегатное состояние они похожи сейчас?

– На жидкость?

– Какая же это жидкость? – вмешался Физик. – Частицы жидкости всегда немного сцеплены друг с другом – отсюда поверхностное натяжение, помните каплю, висящую на кончике пипетки?

– Ваш учитель прав, – сказал Изобретатель. – Действительно, маленькие человечки жидкости должны хоть чуть-чуть...

– Одним пальчиком! – подсказали из класса. – Да, одним пальчиком держаться друг за друга, – продолжал Изобретатель. – А вот теперь маленькие человечки все напрочь рассорились и не хотят терпеть рядом с собой никого. Что у нас получилось?

– Газ! Или пар!

– Верно. И как они должны себя вести? – Разбежаться по всему классу! Занять весь класс! Изобретатель согласился с ребятами, но попытки это продемонстрировать пресек.

– Вот видите, человечками нужно управлять, – сказал он. – Кто, по-вашему, мог бы ими командовать? Например, сказать группе наших крепко сцепленных человечков: «Отпустите руки!»

– Температура!

– Тепло!

– Хорошо. И что это будет?

– Плавление. – Правильно. А если у нас человечки жидкости, что им может приказать тепловое поле?

– Замерзнуть! Или испариться!

– А можно заставить человечков совершать действия не столь резкие?

– Можно! Например, ртуть в термометре под действием тепла не испаряется, а просто расширяется – столбик удлиняется!

– Это тепловое расширение! Чем больше тепла, тем быстрее движутся молекулы, температура растет.

– А почему тогда твердое тело не «рассыпается» на молекулы, раз они все движутся? Давайте промоделируем на человечках и это явление. Вот шеренга человечков при очень низкой температуре. Они все сцеплены. Но этого мало. Им очень холодно, они прижались друг к другу очень близко, насколько возможно и совсем не

шевелиются. Вот стало чуть теплее. И человечки начинают шевелиться, толкая друг друга, ритмично колебаться. Расстояния между ними растут, шеренга становится длиннее. Но рук человечки не отпускают, остаются «твердым телом». Пока...

– Пока сила толчков не станет больше, чем сила сцепления. Тогда твердое тело станет жидким!

– Хорошо! А если продолжать нагревать?

– Они будут бегать все быстрее, самые быстрые начнут выскакивать из общей кучи. Жидкость начнет испаряться.

– А что мешает человечкам сразу, как только они расцепили руки, разбежаться в стороны?

Ответа не последовало. Ребята задумались. Тогда Изобретатель вызвал к доске несколько самых рослых мальчишек, в том числе и уже знакомого нам Сережу. Он тихо о чем-то с ними договорился, а потом сказал ребятам, стоявшим у доски:

– Вы – «жидкие» человечки! Разбегайтесь, испаряйтесь!

Но не тут то было! Тех, кто пытался отбежать в сторону, хватили и водворяли назад в кучку «силачи» под командованием Изобретателя. «Кордон» сумел проскочить только один и убежал в конец класса. За ним никто не погнался.

– Так что же мешает человечкам разбежаться? – повторил свой вопрос Изобретатель, устанавливая порядок и тишину.

– Сережка! Валерка с Витькой!

– А кого изображали эти ребята?

– Может быть, молекулы воздуха? Они расположены над жидкостью и не дают ей разбежаться.

– Сила, с которой человечки воздуха толкают человечков жидкости назад, называется силой давления. Она тем больше, чем больше в сосуде человечков воздуха или другого газа. А если мы станем теперь подогреть жидкость?

– Тогда некоторые человечки наберут большую скорость и вырвутся «на свободу», как Толик сумел убежать!

– Хорошо. А как добиться того же, но без подогрева жидкости?

– Можно сделать человечков воздуха «слабее». Пусть их будет меньше.

– Вообще прогнать!

– Правильно. Жидкость, помещенная в безвоздушное пространство, испаряется даже при низкой температуре. Итак, на человечков действуют тепловое поле и поле давления. А какие еще поля могут управлять маленькими человечками?

– Сила тяжести!

– Да, гравитационное поле. А есть отличия в его действии на человечков «твердых», «жидких», «газообразных»? Посмотрим на их поведение. Снова выстроилась шеренга. Изобретатель указал на окно и сообщил, что там – низ, туда должна тянуть сила тяжести. Но ребята должны помнить, что они – «твердые» человечки. Пошли! Шеренга, не расцепляя рук, боком двинулась к окну и уперлась в него. А теперь человечки «жидкие». Плотной толпой ребята устремились к окну, заполнив пространство возле подоконника в несколько рядов. Какой отсюда вывод? На твердое тело гравитационное поле действует на все целиком, а на жидкость – на каждого человечка в отдельности! Потому, что силы, связывающие человечков в

твердом теле, больше, чем сила гравитации, а в жидкости – меньше, человечки слушаются более «сильного». А если вдруг гравитация очень вырастет?

– Она раздавит твердое тело, оно растечется по поверхности!

– Правильно. А как действует гравитация на газ?

Изобретатель достал из сумки флакон с одеколоном и сказал:

– Я сейчас открою флакон и выпущу оттуда маленьких человечков. Где будет сильнее запах через несколько минут: наверху или внизу?

Ребята старались вовсю: залезали на стулья, становились на корточки и нюхали. Но разницы обнаружить не удалось.

– Так что же, человечки газа тяжести не слушаются? – спросил Изобретатель.

– Нет, не может быть. Ведь тогда Земля потеряла бы свою атмосферу!

– Но тогда почему человечкам газа безразлично, куда лететь?

Задача 11. Как объяснить, что человечки газа распространяются во все стороны одинаково?

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

– Неплохо, неплохо, – говорит Физик. – Вот только почему вы употребляли слова «поле давления» и «тепловое поле»? Ведь таких полей в физике нет, это ошибка? Есть только четыре поля: электромагнитное, гравитационное, сильных и слабых ядерных взаимодействий. И еще некоторые специальные поля, связанные с разными частицами, но это слишком сложно для ребят, в школе о них не упоминают. Но нельзя вводить поля, которых нет!

– Вы, как физик, понимаете слово «поле» очень узко, – сказал Изобретатель. – А ведь это слово многозначное. Вот какое определение поля дает математический словарь: «Поле – коммутативное кольцо, элементы которого, отличные от нулевого элемента, образуют мультипликативную группу»¹. Для математика это вовсе не абракадабра, а очень важное определение, но для физики оно не пригодно, конечно. Есть свои «поля» у агрономов, шахматистов, военные называют «полем» учения и т. п. В теории изобретательства в «поле» вкладывается свой смысл. Здесь поле – это то или иное взаимодействие между веществами, объектами. Некоторые из них совпадают с физическими – гравитационное, электромагнитное. А другие с точки зрения физики «незаконные», например, механическое поле давления, инерционные силы, гидро- и аэродинамика и т. д. Работает в ТРИЗ и звуковое поле (в сущности, тоже механическое).

– Но ведь ребята все перепутают!

– Почему же? Не такие уж они глупые. Нужно только им все это объяснить, рассказать, что такое «техническое» поле, чем оно отличается от физического, для чего это понятие нужно.

– Да, в самом деле, а для чего?

– Вот об этом пойдет речь на следующем занятии. Насколько я понимаю, они у нас теперь будут проходить регулярно?

– Конечно, я уже все обговорил с Завучем, – обрадовался Физик.

¹ Каазик Ю.А. Математический словарь. – Таллинн: Валгус, 1985.

ИГЗ: ПРОБЫ БЕЗ ОШИБОК

Еще во время первой встречи с ребятами Изобретатель рассказал о том, как ищут новые решения методом проб и ошибок и что ТРИЗ заменяет слепой перебор вариантов использованием закономерностей. Но теперь он решил остановиться на этом важном вопросе подробнее – ведь попыток улучшить метод было немало.

Возникновение, эвристики – науки о том, как искать новое, связывают с работами греческого ученого Паппа Александрийского, жившего в III веке нашей эры. Впрочем, никаких реальных рекомендаций, как правильно изобретать, он не сумел дать. А вот Раймунд Луллий (XIII век) придумал Арса Магна (Великое искусство) – что-то вроде логической машины, представлявшей собой несколько концентрических дисков, расчерченных на секторы, в которых были написаны разные слова. Поворачивая диски относительно друг друга, можно было получать огромное количество новых словосочетаний, фраз. Луллий использовал свою машину для доказательства «бытия божьего», но в XVIII веке великий сатирик Джонатан Свифт, описывая в «Путешествии Гулливера» лапутянскую академию наук, высмеял попытки с помощью подобной машины открывать новое. А в сороковых годах нашего столетия эту идею использовал американский астрофизик Ф. Цвикки, придумав метод решения изобретательских задач, получивший название «морфологический анализ».

Во время второй мировой войны в США, как и в других странах, лихорадочными темпами вели работы по созданию ракет, реактивных двигателей, К этим работам привлекли Цвикки, переехавшего в США из Швейцарии. Он удивлялся: одна группа разрабатывает один тип двигателя, другая – другой, а почему именно такой, а не иной – никто не задумывался. Тогда Цвикки, приученный своими астрономическими занятиями к порядку, систематизации, решил построить систему из разных типов двигателей. Он составил список важнейших элементов (признаков), определяющих конструкцию двигателей: А – ресурсы топлива; Б – агрегатное состояние топлива; В – агрегатное состояние среды; Г – способ создания тяги и т. п. – всего 11 признаков. Затем по каждому признаку были выписаны варианты его исполнения: А1 – топливо, запасенное на борту ракеты; А2 – топливо поступает из внешней среды; Б1 – топливо газообразное; Б2 – жидкое; Б3 – твердое и т. п. Затем стал рассматривать всевозможные варианты сочетаний типа А1, Б3, В2, Г3, Д1... Таких вариантов получилось очень много – около 37 тысяч. Проанализировав их, Цвикки сумел найти немало новых сочетаний, на которые получил ряд патентов.

Странно, – подумал Изобретатель, – за 15 лет занятий изобретательством я многократно слышал о том, что морфологический анализ – хороший метод. И тем не менее ни разу не прочитал об изобретениях, сделанных с его помощью, кроме изобретений самого Цвикки! Наверное, отпугивает людей гигантская трудоемкость метода. Не каждый способен перебирать тысячи комбинаций. Это – расплата за использование метода проб и ошибок: ведь морфологический анализ сохраняет его недостатки – систематизация перебора вариантов вовсе не спасает от ошибок.

Американец Алекс Осборн основательно «покрутился» в жизни: был строительным рабочим, посыльным в банке, клерком, полицейским, репортером, продавцом, учителем, бизнесменом и т. д. Занимаясь рекламой, столкнулся с необходимостью придумывать новое. И со временем предложил широко известную сегодня методику – «мозговой штурм». Главная его идея – поиску нового очень мешает психологическая инерция, привычка к шаблонному мышлению, стереотипам. А еще сильнее мешает боязнь критики, неодобрения окружающих: в каждом из нас сидит строгий контролер, не позволяющий высказывать мысли, способные причинить нам вред или неприятность, загоняющий опасные идеи глубоко внутрь, в подсознание. А вместе с опасными мыслями часто отсекаются и творческие. Поэтому Осборн в сороковых годах предложил для снижения психологической инерции разделить процесс поиска нового на две части. Сначала в свободной, непринужденной обстановке группа склонных к фантазированию людей – «генераторов» ищет решение проблемы, перебирая варианты. Критика запрещена, рекомендуется выдвигать любые идеи, в том числе и заведомо нереальные, шуточные, фантастические. Затем список высказанных идей изучает другая группа – эксперты, в которую включают людей с критическим, аналитическим складом ума. Мозговой штурм какое-то время казался универсальным методом, позволяющим решать практически любые задачи. Сегодня очевидно, что возможности его ограничены. Помогая в решении простых задач, он малоэффективен для сложных. К тому же слишком много зависит от ведущего штурм, от его умения направлять работу группы. А выучиться «на ведущего» трудно, инструкций практически нет, у кого-то получается, у кого-то нет...

Для повышения эффективности работы А. Осборн предложил задавать группе (или самому себе) ряд специальных вопросов, например, такие: Что можно увеличить или уменьшить, заменить, перевернуть наоборот в исходном объекте? Можно ли изменить функционирование, цвет, движение, запах, форму и т. п.? С чем можно объединить, скомбинировать объект? и т. п. Такие вопросы назвали контрольными, а сам метод – метод контрольных вопросов. Подобные списки вопросов придумывали и другие изобретатели. Например, известный английский изобретатель Т. Эйлоарт предлагал пробовать различные материалы, использовать переходные состояния при замерзании, плавлении и т. п. Еще он предлагал узнавать мнение о задаче у совершенно не сведущих людей, устраивать сумбурное обсуждение вопросов на вечеринках, в пабах (английских пивных), мысленно забираться внутрь механизма, посещать в поисках идей свалки металлолома, магазины игрушек...

Все это вполне может пригодиться при решении несложных задач, но и здесь нет гарантии успеха. Разве могли бы появиться профессиональные изобретатели, такие как работники МНТЦ «Прогресс», если бы не...

Еще мальчишкой Г. С. Альтшуллер сконструировал катер с химическим двигателем. Он занимался в двух кружках: в военно-морском и химическом. И в обоих нужно было в конце года сделать выпускную работу. В результате объединения работ появился катер с химическим двигателем. Идея двигателя была проста: если налить в

карбид воды, начнется бурная реакция с выделением газа. Если газ поджечь, получится реактивный двигатель. Свою идею он реализовал: построил катер, который мог выдержать человека. И вот испытания. Залили воду в двигатель, несколько секунд ничего не происходило, вдруг резкий толчок выбросил испытателя за борт, как оказалось, к счастью, потому что еще через несколько секунд катер пролетел весь пруд, выскочил на берег и взорвался...

Еще он хотел построить Наутилус или просто какой-то аппарат, позволяющий плавать под водой. Акваланг тогда еще не был изобретен, да и откуда взять компрессор для сжатия воздуха? Подошел бы и жидкий воздух, но, конечно, холодильной машины у мальчишки тоже быть не могло. А нельзя ли получить жидкий воздух без ожижения? Теоретически невозможно... И все-таки ему удалось обойти запрет. Он решил использовать жидкость, в которой много кислорода, – перекись водорода H_2O_2 – Для выделения кислорода ее достаточно подогреть. И достать перекись водорода оказалось несложно – в аптеках продается.

Аппарат был построен. Так еще в школе Г. С. Альтшуллер получил авторское свидетельство на свое первое изобретение.

Два года бились специалисты над проблемой создания газотеплозащитного скафандра для горноспасателей. Проблема была в том, что вес скафандра, включающего аппарат для дыхания и систему охлаждения, не должен был превышать 20 килограммов, в то время как только дыхательный аппарат весил 16 килограммов и система охлаждения немногим меньше. Был объявлен всесоюзный конкурс. И три первых места в нем заняли три варианта скафандра, разработанные Г. С. Альтшуллером вместе с товарищем. Они нашли красивое решение проблемы: совместить системы охлаждения и дыхания. Сначала жидкий кислород используется для охлаждения, а испарившийся кислород – для дыхания. Конечно, путь от идеи до конструкции был неблизок, попутно друзьям пришлось сделать еще несколько изобретений, прежде чем проекты были готовы.

Но главное изобретение Г. С. Альтшуллера – ТРИЗ, работу над созданием которой он начал в 1946 году, когда ему было 20 лет. К тому времени он уже работал инспектором по изобретательству в Каспийской военно-морской флотилии. Странное у него было положение: обращались за помощью в изобретательстве люди вдвое, а иногда и втрое старше его. Как им помочь? Он бросился в библиотеки, перерыл огромное количество книг в поисках советов, правил, как изобретать, и ничего не обнаружил. Тогда он решил разработать такие правила самостоятельно. Не сразу он понял, что вышел на большую, исключительно важную для всего человечества цель – создать метод, позволяющий каждому научиться изобретать, решать творческие задачи в разных областях человеческой деятельности. И всю дальнейшую жизнь Г. С. Альтшуллер подчинил достижению этой цели.

В 1948 году, когда были получены первые результаты, Г. С. Альтшуллер вместе с товарищем, которого он привлек к работе над целью, написали письмо Сталину. Оно было объемистым – несколько десятков страниц и содержало анализ весьма плачевного состояния изобретательского дела в стране. В письме предлагались меры по улучшению изобретательства, в первую очередь путем обучения изобретателей новым приемам изобретательства. Письмо было деловое, сухое, без обязательных для того времени уверений в личной любви и преданности, оно выглядело укором Председателю Совета Министров, плохо, по мнению авторов, выполнявшему свои обязанности.

Изобретатель вспомнил, как он расспрашивал Генриха Сауловича об этом письме – неужели тот не понимал, чем оно грозило? Понимал. Но не мог остаться равнодушным к страшной разнице, в которой оказалась наша страна в послевоенные годы, к угрозе атомной войны. Он был уверен в том, что в его руках возможность помочь восстановлению страны, и не мог не попытаться это сделать. Но ответом на письмо был арест, вздорные обвинения, пытки, приговор – 25 лет лагерей.

Работа над ТРИЗ не прекращалась и в лагере, несмотря на голодное существование, нечеловеческие условия жизни и вдобавок одно из самых издевательских лишений – запрещение вести записи – все нужно было держать в голове. И тем не менее Альтшуллер считает, что именно ТРИЗ помогла ему выжить: первыми гибли те, кто сломался, смирился с безысходностью и потерял цель, смысл жизни.

В 1954 году Г. С. Альтшуллер был полностью реабилитирован. В 1956 году вышла первая статья с изложением основ ТРИЗ. С тех пор изданы десятки книг, сотни статей, написанных Г. С. Альтшуллером и его учениками. Многие книги переведены на иностранные языки и изданы за рубежом. В сотнях городов нашей страны работают школы, народные университеты, центры по обучению изобретательству взрослых и детей, в которых ведут занятия подготовленные Г. С. Альтшуллером ученики и ученики его учеников. Слушатели начинают решать свои производственные проблемы еще в процессе обучения. Группы по изучению ТРИЗ работают на заводах, в НИИ, Дворцах культуры и техники, Домах научно-технической пропаганды, центрах НТТМ, вузах, в институтах повышения квалификации инженеров, кооперативах. А в Минске специалисты по ТРИЗ разрабатывают интеллектуальные системы, создают на базе мощной ЭВМ «изобретающую машину» – надежного помощника изобретателя.

ТРИЗ изучают не только инженеры, но и врачи, учителя, социологи, биологи, журналисты – все, кому приходится в своей работе решать творческие задачи. Всей этой работой руководит на общественных началах Г. С. Альтшуллер, не занимающий формально никакой должности. Множество людей благодарны ему за то, что он привлек их к работе над наукой, может быть, самой важной из созданных в наше время – наукой о развитии творческой личности. Но государственные и многие общественные организации, призванные помогать изобретателю, в лучшем случае не «замечают» ее, а некоторые до сих пор активно противодействуют, яростно отрицая

само ее существование. «Ничего, будущее все расставит на места», – усмехнулся Изобретатель.

Задача 12. Во время войны опасности неожиданного торпедного удара подвергаются все большие корабли. Известные способы борьбы, например вывешивание торпедных сетей, не годятся, так как снижают скорость хода. Попытки стрелять по торпедам тоже бесполезны – из-за малого угла стрельбы снаряды рикошетируют при ударах о воду, как брошенные «блинчиком» камешки. Нередко о торпедной атаке экипаж узнает, только увидев след идущих торпед. Быстро развернуться, уйти от удара большой корабль не успевает. Как быть? Конечно, когда торпеды уже выпущены, решать задачи поздно. Но нужно заранее придумать, как поступать в этом случае.

Задача 13. Задачу, перед которой оказался Г. С. Альтшуллер, требовалось решить очень срочно. Строился завод по производству напряженного струнобетона – бетонных плит, внутри которых натянута с большой силой стальная проволока. Такие плиты обладают очень большой прочностью. Но подвели поставщики – не изготовили вовремя мощные домкраты, необходимые для натяжения струн. Было предложено использовать тепловое расширение – нагреть проволоку электрическим током, закрепить в нагретом состоянии и, когда остынет, залить бетоном. Однако возникло острое противоречие: нагрев должен быть сильным, но тогда проволока перегреется, нарушится ее структура, что недопустимо. Правда, существует специальная жаропрочная проволока, но она слишком дорога. Как быть?

ВОЛШЕБНОЕ СЛОВО

Изобретатель вынул из кармана небольшой подковообразный магнит и поднес его к кучке скрепок, высыпанных на стол. Скрепки дружно подскочили к магниту.

– Как это явление представить с помощью маленьких человечков? – спросил он.

– «Железные» человечки скрепок слушаются магнитного поля!

– Хорошо. А можно увидеть магнитное поле?

– Нет, нельзя! Оно невидимо!

– Невидимо, да не совсем, – сказал Изобретатель и вынул из другого кармана пробирку с черным порошком. Он высыпал порошок на лист бумаги, а потом расположил магнит над листом. На белой бумаге появился рисунок магнитных силовых линий, соединяющих полюса магнита.

– Видите, наши человечки «показали» нам магнитное поле, – улыбнулся Изобретатель. – Они умеют не только слушаться, но и сигналить! Запомните это очень важное свойство магнитных человечков.

– А еще бывают магнитные жидкости! – поднял руку мальчик. – Можно, я расскажу?

– Конечно, рассказывай! – разрешил Изобретатель.

– Я читал книжку, она называется «Еж в стакане». Это про магнитные жидкости. Их получают, размешивая очень мелкий порошок железа в масле или керосине. И такая жидкость становится магнитной. Самое интересное – она может твердеть в магнитном поле, а когда поле уберут – снова становится жидкой.

– Молодец! А тебе когда-нибудь приходилось эту жидкость видеть? – спросил Изобретатель и, не дожидаясь ответа, вытащил еще одну пробирку, внутри которой переливалась жидкость чернильного цвета. Он поднес к пробирке магнит, и жидкость застыла, оцетинившись иглами разного размера. Ребята по очереди подходили к столу и разглядывали странную жидкость. И все согласились, что она в самом деле сейчас напоминает ежика.

– Человечки магнитной жидкости – особенные, – сказал Изобретатель, когда ребята вернулись на места. – Ведь у них две «профессии» – магнитиков и жидких человечков. Поэтому и возможности их велики. Сегодня десятки изобретений сделаны благодаря им. Мы о них еще поговорим. А на каких человечков может действовать электрическое поле?

– На электроны! Можно электроны тоже считать человечками?

– Кто нам может запретить? – рассмеялся Изобретатель. – Человечки наши, как захотим, так и будет. А на кого еще, кроме электронов, действует электрическое поле?

– На ионы. Это атомы, у которых не хватает электронов или есть лишние.

– Отлично. Значит, есть «электрические» человечки, послушные электрическому полю. Но в обычном веществе они «прячутся», ведь вещество нейтрально. Поэтому их нужно «освободить», например, с помощью трения. – Изобретатель вытащил пластмассовую расческу и несколько раз провел ею по волосам. Затем мелко изорвал уголок бумаги, высыпал кусочки на ладонь и поднес к ним расческу. Кусочки бумаги немедленно притянулись к расческе, но через некоторое время стали отскакивать, падать на ладонь, но, немного полежав, снова взлетали и – Отлично. Значит, есть «электрические» человечки, послушные электрическому полю. Но в обычном

веществе они «прячутся», ведь вещество нейтрально. Поэтому их нужно «освободить», например, с помощью трения.– Изобретатель вытащил пластмассовую расческу и несколько раз провел ею по волосам. Затем мелко изорвал уголок бумаги, высыпал кусочки на ладонь и поднес к ним расческу. Кусочки бумаги немедленно притянулись к расческе, но через некоторое время стали отскакивать, падать на ладонь, но, немного полежав, снова взлетали и прилипали к расческе.

Задача 14. Почему кусочки бумаги так странно себя ведут? Сначала подсакаивают, приклеиваются к расческе, а потом отскакивают от нее и падают вниз? Почему, полежав на ладони, они могут снова притянуться к расческе и снова отпасть?

Это задание ребята получили на дом.

А урок продолжался.

– Маленькие человечки нужны не только для вашего развлечения и даже не только для лучшего понимания физики, – сказал Изобретатель, – самая главная их работа – помогать решать изобретательские задачи, встречающиеся в жизни гораздо чаще физических или математических. В ТРИЗ есть целый раздел, в некотором роде устав службы маленьких человечков. В нем записано, какие человечки каких полей слушаются, что умеют делать, а чего не могут. Называется этот раздел «Вепольный анализ». Главным элементом этого раздела является ВЕ-ПОЛЬ – от слов ВЕщество и ПОле.

Основная идея вепольного анализа – для упрощения решения изобретательских задач вместо сложных реальных технических систем рассматривать их простые модели, построенные по определенным правилам из разных веществ и полей. Всем ясно, что такое модель?

– Это что-то вроде машины, но маленькая.

– А что это? – спросил Изобретатель, указав на стоящее в витрине шкафа замысловатое сооружение из маленьких разноцветных шариков, закрепленных на проволочных кольцах.

– Планетарная модель атома!

– Разве она меньше, чем атом?

– Нет, намного больше! Модель может быть и больше!

– А бывает в натуральную величину. Например, перед тем, как изготовить новый автомобиль, иногда сначала делают его деревянную модель, чтобы посмотреть, как он будет выглядеть в натуре. Так что же такое модель?

– Что-то похожее на настоящее, но проще, то, что легче сделать.

– Между прочим, модель не всегда похожа на реальный объект. Например, математическая модель физического процесса – это уравнение. Модель отражает какое-то свойство или группу свойств, наблюдая, изучая ее, можно узнать, что будет происходить с реальным объектом. Для одного объекта можно строить разные модели в зависимости от того, что мы хотим узнать. Так вот, в теории изобретательства простейшая модель любой работоспособной технической системы состоит из трех элементов: двух веществ B_1 и B_2 и поля Π . Под словом «вещество» здесь понимают любой объект, может быть, даже сложную конструкцию, причем одно из веществ, как правило, изделие, которое по условиям задачи нужно обработать, получить, измерить,

изменить как-то, а другое – инструмент, который может это изменение выполнить, но при условии, что есть и третий элемент – поле, энергия для работы инструмента. Например, мы с вами уже имели дело с тепловым полем, магнитным, электрическим, есть и другие. Веполь изображают так:

– Вот, например, нужно покрыть эту бумагу слоем порошка.– Изобретатель снова открыл пробирку с железным порошком.– Я его сыплю сверху на лист. Что у нас изделие? Верно, лист бумаги. А порошок в данном случае инструмент. А поле какое? Да, гравитационное. Вот у нас и получился веполь. Ну а если нужно покрыть порошком участок потолка? Что изменится?

– Изделие теперь не лист, а потолок...

– Гравитационное поле не годится! Нужно другое поле.

– Какое же?

– У нас порошок железный, значит, можно магнитное поле использовать, оно удержит его и на потолке.

– А если порошок немагнитный? Например, песчинки?

Ребята задумались. Чтобы помочь им, Изобретатель демонстративно взял со стола расческу, с которой только что экспериментировал, и начал вертеть ее в руках.

– Электрическое! – тут же догадались многие.– Нужно эту поверхность зарядить!

– И порошок тоже, только другим знаком!

– Ну вот и отлично! – похвалил ребят Изобретатель,– А теперь обратите внимание, что вепольная модель у всех трех решений одинакова.

– Только поля разные!

Изобретатель нарисовал на доске три веполя:

– Так решаются множество изобретательских задач – введением поля, которому «подчиняются» имеющиеся маленькие человечки, И что интересно: очень часто задача возникает только потому, что нет нужного инструмента или поля, или того и другого вместе. Стоит их ввести – и задача решена! Помните, на Дне Знаний мы решали задачу Конструктора?

– Про якорь?

– Да. Тогда мы воспользовались другим элементом ТРИЗ – понятием идеальности. Но эту же задачу можно решать и с помощью вепольного анализа. Какая была у нас исходная модель? Помните? Был якорь, или хваталка, и грунт, то есть В1 и В2. А поля не было. Вернее, было, но слабое, мы от него отказались. Как теперь быть?

– Ввести магнитное поле!

– А почему именно магнитное?

– Ну, наверное, потому, что якорь железный.

– У нас не якорь, а хваталка, не забывайте. А хваталка может быть какой угодно. Но не будем гадать. Помните, Шерлок Холмс говорил: «Я никогда не гадаю. Очень

дурная привычка: действует губительно на способность логически мыслить». Сделаем иначе.— Изобретатель повернулся к доске и написал странное слово «МАТХЭМ».

– Это аббревиатура, слово, составленное из первых букв названий наиболее часто встречающихся в изобретательстве полей,— пояснил он.— М – механическое, А – акустическое, Т – тепловое, Х – химическое, Э – электрическое, М – магнитное.

– Но разве может быть такое поле – химическое? – спросил Физик.

– Конечно, с точки зрения физики это – «незаконное» поле. Но мы с вами договоримся, что под словом «поле» будем понимать некоторое взаимодействие, обеспечивающее получение нужного нам результата. А химические взаимодействия дают прекрасные решения,— отвечал Изобретатель и продолжал. – Итак, нужно проверить, нельзя ли прикрепить нашу хваталку к грунту, к скале с помощью перечисленных полей.

– М – механическое крепление. Собственно, обычный якорь зацепляется механически. Но, может быть, использовать другую механику?

– Можно снабдить якорь буром, – предложили ребята,— он просверлит скважину, и якорь в ней зацепится.

– В принципе, неплохо. Но такой якорь станет сложнее, потому что к нему придется приделать бур. Лучше, если наш якорь будет и хваталкой, и буром, так рекомендует принцип идеальности.

– Якорь-штопор! И вращается. Он вонзится в грунт и там останется!

— Ну что ж, годится! – согласился Изобретатель.— Но механика – это не только перемещение, это еще инерционные силы, давление...

– Можно использовать давление! Сделать якорь-присоску, есть такие устройства. Например, нужно в ванной повесить вешалку для полотенца. Берут такую резиновую штучку, прижимают к стенке, чтобы весь воздух из нее вышел, и она держится за счет давления снаружи. А якорь будет держать давление воды!

– Интересно! Вот только ты, наверное, обращала внимание, что такие присоски плохо держатся на неровных стенках, – ответил Изобретатель девочке, предложившей решение.— Через неровности под присоску заходит воздух, и она отваливается.

– Ну и что? А мы смажем края присоски мылом, мыльная пена не пропускает воздух.

– Правильно! Нужно в якорь-присоску тоже что-то вроде мыла ввести!

– Зачем мыло? Мы же придумали на Дне Знаний – лед!

– Хорошо. Видите, этот путь привел к уже известному решению. Что-нибудь еще давление может дать?

– А взрыв – это тоже давление? – спросил кто-то из ребят.

– Да, взрывная волна – волна давления.

– Тогда можно выстрелить якорь в грунт. Как делают дырки в бетонных стенах – специальным пистолетом!

– А рыбу мы не переглушим? Подводные взрывы распространяются очень далеко. Впрочем, разве что в аварийной ситуации... Есть еще предложения по механическому полю? Нет? Тогда перейдем к акустическому. Акустическое – это звуки, вибрации. Как их использовать?

– Можно сделать якорь как отбойный молоток.

– Хорошо. А тепловое поле?

– Расплавить скалу, чтобы она стала мягкой. Тогда якорь лучше зацепится.

Все засмеялись. Как же, расплавишь скалу под водой! Там ведь ничего гореть не может!

– Ошибаетесь, ребята. Есть такие вещества, они называются термитными, которые могут гореть под водой и создавать высокую температуру. Впрочем, плавить скалу, действительно, довольно сложно. Но хочу обратить ваше внимание на то, что тепловое поле – это не обязательно нагрев, можно и охладить – тепловое поле со знаком «минус». Решение с охлаждением мы уже знаем, так что пойдем дальше. У нас осталось еще три поля: химическое, электрическое и магнитное. Предлагайте!

– Нужно сделать магнитный якорь!

– Вот придумал! Скала же немагнитная!

– Ну и что? Речь ведь шла о стоянках в гавани. Можно заранее опустить на дно специальные плиты с магнитами. Вот якорь к ним и пристанет, еще и лучше, чем просто в грунт!

– Ну что же, пора подводить итоги.

– А у меня вопрос. Можно? – подняла руку девочка.

– Конечно.

– Зачем мы решаем сейчас эту задачу? Ведь ответ на нее мы знали. Так же неинтересно! – сердито заявила она.

– Понимаешь, в отличие от математических задач и большинства физических, изобретательские задачи часто имеют несколько ответов. Вот и ответ со льдом (есть такое изобретение, поэтому это решение мы называем контрольным ответом) не единственный. Например, предложение использовать магнитную плиту не менее интересно. И, кстати, я такого в литературе не встречал. Так что у вас всегда есть немалые шансы придумать решение лучше контрольного, – ответил Изобретатель.

– И это будет изобретением?

– Ну, от решения до изобретения путь неблизкий, но лиха беда начало! –

Изобретатель взглянул на часы. – Сейчас будет звонок, Задание вам дано. Может быть, есть еще вопросы?

– Лучше дайте еще задачку!

– Пожалуйста, – засмеялся Изобретатель. На занятиях с детьми он привык к таким просьбам. А Физик очень удивился.

Задача 15. Медь высокой чистоты получают электролизом. В ванну, наполненную электролитом – специальным раствором, пропускающим электрический ток, опускают листы «черновой» меди, содержащей большое количество разных примесей, и тонкие пластины чистой меди. Через электролит идет ток, под действием которого маленькие человечки (ионы) меди уходят с положительного электрода (он называется анодом) к отрицательному (катоде). В результате анод постепенно растворяется. Человечки примесей падают на дно ванны, а на катоде скапливается чистая медь. Но у этого процесса есть серьезный недостаток: человечки меди садятся на катод случайным образом, где попало, поэтому не заполняют все пространство целиком, между ними остаются микроскопические пустоты – поры. Они тем больше, чем больше электролизный ток. Так вот, в поры попадает электролит и остается там. Потом во время перевозки готовых листов меди, особенно во влажной атмосфере, электролит

выступает на поверхность листов, «украшая» их зелеными, черными пятнами. А это недопустимо. Поэтому каждый лист долго и тщательно моют горячей водой, выдерживают в кипятке часами. Но вода плохо проникает в мельчайшие поры, мытье стопроцентного результата не дает. Как существенно улучшить мытье меди?

Прозвенел звонок. Изобретатель стал собирать и рассовывать по карманам пробирки, магниты и услышал, как кто-то из ребят, выбегая из класса, пропел:

Медяшки драить нужно всем,
Не ободешься без МАТХЭМ...

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

– Как вы думаете, они справятся с задачами, которые им задали? – спросил Физик. – Задачи-то непростые.

– Не все, наверное. Но это не важно. Главное, чтобы они попытались решать, объяснили, как решали, и чтобы задача их заинтересовала.

– По-моему, интереса к вашим задачам у них хоть отбавляй! Даже дополнительную попросили! А физические задачи они не очень любят. Конечно, они их решают, некоторые даже довольно много, в особенности старшие, готовясь к поступлению в институт. Но все равно, это для них – работа, а ваши задачи – удовольствие. Как вы это объясните?

– Изобретательские задачи вовлекают их в творчество – а это самый верный источник удовольствия, главное – неисчерпаемый, – ответил Изобретатель.

– Но ведь и в физике есть нешаблонные, творческие задачи! Например, сборник, составленный П. Л. Капицей!

– Петр Леонидович был замечательным физиком и прекрасно разбирался в творческом обучении» Я знаю его задачи. Он считал, что их нужно ставить менее определенно, давая ученику возможность самостоятельно подобрать из опыта или справочника недостающие данные. А вы даете их школьникам?

Физик покачал головой:

– Сложноватые задачи, требуют много времени. Кое-что даю на факультативе, там они охотнее работают.

– А чем отличается обстановка на факультативе от урока?

– Ребят меньше, не все приходят. Потом там нет оценок, они не боятся высказываться.

– Вот видите, на творчество ребят влияет и обстановка урока. Она должна быть свободной, каждый должен иметь возможность высказываться, быть услышанным. Нужна «обратная связь» с аудиторией. Вы заметили, как они шуметь начинают при решении задач?

– Да, меня уже коллеги спрашивали, что происходит на уроке, почему такой шум.

– И оценок мы не ставили, как на факультативе. Ребята старались не для оценок, а потому что интересно было. Этот стимул намного сильнее. Я, честное слово, всегда ненавидел и получать оценки и ставить, – признался Изобретатель.

– Да, оценки меня немного беспокоят, что я им выставлю в четверти при такой системе? Но что-нибудь придумаем. А вообще мне нравится система обучения без оценок. Так работает грузинский педагог Ш. А. Амонашвили, только в младших классах. Вы знакомы с его работами?

– Нет, к сожалению.

– Я вам дам почитать о нем и о других учителях-новаторах, хотите?

– Коготок увяз – всей птичке пропасть, – засмеялся Изобретатель. – Пришел, что называется, на часок на День Знаний... Так увяз в педагогике, что по специальности журнал некогда просмотреть. А за книжки, конечно, большое спасибо. Любое дело нужно делать профессионально. Будем набираться школьного опыта.

ИГЗ: МЕХАНИКА ОБЫЧНАЯ И НЕОБЫЧНАЯ

«Не обойдешься без МАТХЭМ!» – вспомнил песенку ребят Изобретатель и усмехнулся. Все не так просто. Волшебное слово – лишь подсказка, напоминание: посмотри возможность использования этого поля, не забудь про то... Но этого мало, с полями нужно уметь работать, в первую очередь хорошо знать их свойства, свойства работающих в «паре» с ними веществ. А возможностей бесконечно много. Ведь действие одного поля почти всегда можно усилить, добавив второе, а часто при этом вообще новый эффект получается! Нужен «путеводитель по полям и послушным веществам».

Изобретатель достал новую чистую папку, которую озаглавил «МАТХЭМ. Механика обычная и необычная». Что должно попасть в эту папку? Изобретатель раскрыл школьную программу по физике. Вопросов много: силы, масса, давление, мощность, работа, основы статики, кинематики и динамики, твердость тел, упругость и пластичность, законы сохранения, механические колебания и волны... А о новейших открытиях в механике ничего нет. Нет эффекта аномально низкого трения, избирательного переноса, эффекта Александра... Вот где работы много!

Какой раздел механики появился первым? Наверное, люди сначала научились использовать различные рычаги. Главное свойство рычага – преобразование силы и перемещений: во сколько раз больше перемещение одного из двух плеч рычага, во столько раз меньше сила и наоборот. Изобретатель достал из кладовки кусачки и рассеянно, без особого усилия перекусил гвоздь. «Нужно захватить кусачки с собой в класс, – подумал Изобретатель. – Хоть этот инструмент многие видели, но вряд ли задумывались, как это происходит».

А законы рычага были открыты Архимедом. Это он говорил: «Дайте мне точку опоры, и я переверну мир». Конечно, старик прихвастнул. Впрочем, ему простительно. Вряд ли Архимед представлял себе, каков вес Земли. Кстати, хорошее задание для тренировки – подсчитать, каких размеров должен быть рычаг, с помощью которого можно сдвинуть Землю хоть на волосок. И как долго нужно на этот рычаг давить.

А может быть, первым механическим изобретением был не рычаг, а клин? Ведь именно его свойства позволяют хорошо рубить и резать каменным ножом, топором. Не зря боевую часть сабли, меча называли клинком. Ведь по своему действию клин, как и рычаг, – «увеличитель» силы. Во сколько раз больше продвижение вперед, чем в стороны, во столько раз сила, действующая в стороны, больше силы, продвигающей клин вперед. Благодаря этому свойству клин помогал колоть дрова, даже камни. В переносном смысле слова «вбить клин» означает рассорить, разъединить людей.

...Убили медведя! Но как доставить его к своей пещере? Наверное, первым транспортным средством была простая волокуша – сани. Это хорошо зимой, а летом? На древнеегипетском рисунке шеренги рабов тащат на санях огромную статую.

Дорогу перед волокушей посыпают глиной, специальный человек поливает ее водой. Глина от этого становится скользкой, трение снижается. Но этого, конечно, недостаточно. Тогда люди придумали подложить под волокушу несколько круглых стволов. Тащить ее стало почти так же легко, как зимой. Вот только катки все норовят выскочить из-под волокуши, приходится снова и снова их подбирать и подкладывать под груз. Так далеко не уедешь... Появилось колесо-каток, прикрепленное к телеге. Колесо – одно из величайших изобретений человечества, появилось по меньшей мере 5 тысяч лет назад. Сегодня трудно сказать, где именно это произошло, скорее всего – независимо в разных районах Земли. Остатки деревянного колеса, изготовленного в конце IV тысячелетия до нашей эры, недавно обнаружены в Болгарии. Но вот что поразительно: древний народ майя, создавший свою удивительную цивилизацию в Америке, колеса не знал, хотя и использовал деревянные катки.

«Если колесо вращается на толстой оси, оно будет катиться труднее, если на тонкой – ось не выдержит тяжести. Если наружный охват колеса небольшой, то оно застревает в земле, если широкий – шатается из стороны в сторону, а если нужно повернуть вправо или влево – повинуется с трудом. Если втулка слишком свободна, то... она соскакивает, а если чересчур плотна – делается неподатливой. Промежуток между осью и втулкой должен быть скользким. Ролики и колеса делаются из вяза и морского дуба, оси – из остролиста и кизила или, еще лучше, из железа, втулки же лучше всего изготавливать из меди, сплавленной с одной третью частью олова». Так рассуждал, формулировал технические противоречия, подводя итоги накопленного к тому времени опыта создания колес, Леон Баттиста Альберти – знаменитый итальянский механик, архитектор и инженер эпохи Раннего Возрождения. Его труд «Десять книг о зодчестве» вышел в 1485 году, после смерти своего создателя. Изобретатель записывал это и думал, что и сегодняшним инженерам неплохо было бы уметь четко формулировать противоречия, как это делал Альберти.

«Вообразите, что на вас надвигаются два огромных – в шесть-семь раз выше человека – железных колеса, которые все подминают под себя. Для сравнения представьте себе ручную тачку. Ее обычно возят по доске. Попробуйте прокатить ее по булыжной мостовой. Это вряд ли вам удастся, потому что маленькое колесо не перепрыгнет через булыжник. А извозчик легко двигается по мостовой. Колесо его пролетки имеет диаметр семьсот миллиметров и свободно перескакивает через камни и небольшие выемки. Десятиметровое же колесо будет свободно преодолевать окопы, проволочные заграждения, заборы, даже крестьянские постройки. В бронированной кабине будут расположены пулеметы и пушки».

Эта цитата из книги А. Бека «Жизнь Бережкова», в которой под именем Бережкова описан выдающийся советский конструктор авиационных двигателей, Герой Социалистического Труда А. А. Микулин. «Нетопырь» – так называли это дикое сооружение – юношеская работа Микулина. Оно было построено и даже испытано. Прокатившись пару сотен метров, «нетопырь» безнадежно застрял в болоте.

Интересно, что рассуждения, приведенные в цитате, правильны, но конструкторы «нетопыря» не сумели разрешить противоречие: колесо должно быть большим, чтобы легко преодолевать препятствия, и колесо должно быть малым, чтобы не быть громоздким, тяжелым. Противоположные требования в данном случае нужно разделить в пространстве. Колесо должно быть большим у земли, чтобы была большая опора, а во всех остальных местах может быть малым. Получается некруглое колесо, изменяемое, динамичное, как принято говорить в ТРИЗ. Интересно, догадаются ли ребята, что это – обыкновенная гусеница танка или трактора?

Очень важно для колеса трение на его оси. Борьба за его снижение начали давно. Не зря Альберти оговаривал, что втулку лучше всего делать из сплавов меди с оловом – бронзы. Из нее и сегодня делают втулки в ответственных деталях. У такой втулки трение низкое за счет того, что микрочастицы олова – мягкого металла – служат как бы смазкой. Известно, что трение качения меньше трения скольжения – не случайно колесо сменило волокушу. Применили этот прием и для оси колеса. Появились первые подшипники. Произошло это, насколько известно, в 330 году до нашей эры. Греки использовали их в конструкции тяжелого тарана. Но потом про них забыли. Возродились подшипники в рисунках Леонардо да Винчи. Но они мало кого интересовали. Даже после того, как в 1794 году в Англии был взят патент на «оси телег с очень легким вращением», промышленность не хотела их использовать. В 1870 году инженеры все-таки решили проверить, как они работают, и пришли к выводу, что теоретические преимущества подшипников не могут быть реализованы из-за недостаточно чистой обработки. Только в конце прошлого века появились шлифовальные станки, обеспечивающие нужную точность. А широкое внедрение подшипников началось после того, как в 1903 году автомобильные гонки выиграла машина, у которой оси колес были закреплены не на бронзовых втулках, мало изменившихся с древних времен, а на шарикоподшипниках. Сегодня невозможно представить технику без подшипников. В одном реактивном самолете их около 10 тысяч штук более чем 200 типоразмеров. А в день во всем мире выпускают более 50 миллионов штук. Чем меньше размер шариков и чем их больше, тем большую нагрузку может нести подшипник. А порой нагрузки огромны! Ротор гидрогенератора вращается с небольшой скоростью, но его вес – сотни тонн! Ротор турбогенератора полегче – несколько десятков тонн, но скорость вращения – 3000 оборотов в минуту. А газовая турбина вращается со скоростью десятки тысяч оборотов. Никакие шарики такой нагрузки не выдержат. Впрочем, самый маленький шарик – это атом, молекула. Такие подшипники, «работающие» на атомах и молекулах, есть – гидростатические, гидродинамические, пневмодинамические. Под вращающийся вал подают под давлением жидкость или газ, вал «плавает» на них. А лучше всего – без жидкостей, газов. Сегодня во многих высокоточных приборах работают магнитные подшипники: в них ротор «подвешен» при помощи постоянного магнита или электромагнита.

Владельцы старых холодильников радуются – не выходят холодильники из строя! Поразительно – стоит компрессор, есть подшипники скольжения, должны же они

снашиваться! А они не хотят! Случается, что даже один странный факт, не имеющий теоретического объяснения, сулит новые открытия... К двум советским металловедом, Д.Н. Гаркунову и И.В. Крагельскому принесли для исследования странную деталь. Это была вполне обычная букса – деталь трения подшипника. Необычным было то, что она проработала несколько положенных сроков и не изнашивалась совсем. В результате ее изучения и было сделано удивительное открытие. Оказалось, что на поверхности детали, содержащей хотя бы небольшое количество меди и работающей в среде смазки, включающей поверхностно-активные вещества (например, глицерин), возникают тончайшие пленки меди в особом состоянии – пластичные, текучие, псевдожидкие. И трение становится как в жидких телах, то есть гораздо меньшим. Возникающие в процессе работы пары трения мелкие дефекты, царапины тут же затягиваются медью, залечиваются. Поэтому эти пленки называли сервовитными, в переводе с латыни «служащие жизни». По сути дела в узле трения происходят те же процессы, что и в обычном живом суставе – техника становится все более биологичной. Сегодня этот замечательный эффект применяется даже там, где нет медных деталей – достаточно добавить в смазку небольшое количество растворимых в ней соединений меди, чтобы сервовитные пленки стали образовываться и на стальных деталях.

В области трения сегодня сделано еще одно важное открытие. Вели обычные исследования трения в условиях высокого вакуума при облучении частицами высокой энергии. И вдруг трение упало практически до нуля! Выключили излучение – трение постепенно восстановилось. Включили – снова исчезло. После нескольких лет исследований этого явления выяснили, что за счет дополнительного притока энергии от излучения возникает особая ориентация молекул твердых веществ, при которой трение происходит как «по шарикам». Стало ясно, что эффект аномально низкого трения (АНТ), как его называли авторы, может быть использован в самых разных областях техники.

Во время войны английским летчикам поставили трудное боевое задание – бомбить немецкие плотины. Для успешного выполнения задания необходимо было, чтобы сброшенная бомба взорвалась у самой плотины, причем на определенной глубине. Сконструировали специальную цилиндрическую бомбу, напоминавшую бочку, длиной в полтора метра, диаметром в метр. Перед сбрасыванием такая бомба раскручивалась в бомбовом отсеке специальным двигателем до скорости 500 оборотов в минуту. Вращающаяся бомба, сброшенная на большой скорости, подпрыгивала на воде, как пущенный «блинчиком» камень, пока не «допрыгивала» до плотины и начинала катиться по ней в глубину. Примерно на глубине десять метров срабатывал гидростатический взрыватель.

«Когда в начале нашего века Д. Хорайн впервые преодолел планку на высоте 2 метра, никто не верил, что человек сможет прыгнуть выше», – выписал Изобретатель

из книги о спорте. Он вспомнил, как в молодости восхищался достижениями В. Брумеля. 2 метра 29 сантиметров – феноменально! А сегодня это достижение достаточно скромное: спортсмены подбираются уже к двум с половиной метрам! В чем же дело? Люди становятся более «прыгучими»? Нет, изменилась техника прыжков. В школе мы прыгали «перешагиванием» или «ножницами». При этом центр тяжести человека (он находится в районе живота) проходил над планкой сантиметрах в тридцати. Потом, в институте, в спортивной секции учили прыгать «перекатом» и «перекидным» способом. При перекате проходишь над планкой боком – расстояние до центра тяжести половина ширины корпуса – примерно пятнадцать сантиметров. При перекидном способе летишь к планке животом – высота центра тяжести семь-восемь сантиметров. А сегодня спортсмены прыгают методом «фосберифлоп», изобретенным американским студентом Фосбери. Теперь спортсмен находится над планкой спиной вниз, а центр тяжести ближе к спине, чем к животу. Закономерность – высокие результаты связаны с понижением центра тяжести человека при прыжке. Строго говоря, при «флопе» центр тяжести может оказаться даже под планкой: когда спина над ней – ноги опущены, когда над планкой ноги – спина уже внизу. Всё хитрости механики!

Клапаны человеческого сердца открываются и закрываются при каждом его ударе, и за время жизни человека – около двух миллиардов раз. Тончайшие лепестки мышечной ткани выдерживают нагрузки, которые не под силу ни одному из известных нам материалов. Поэтому все попытки создать искусственный долго работающий клапан оказались неудачными – рано или поздно они рвались в месте крепления лепестков. Причина – открывание и закрывание клапана происходит под действием силы тока крови. Так работают все клапаны в технике, и никому не пришло в голову, что в природе он устроен «хитрее». Открытие советских ученых, зарегистрированное в реестре открытий под номером 292, позволило создать искусственный клапан, соперничающий по длительности жизни с естественным. Оказалось, что клапаны в природе открываются не силой тока крови, а с помощью специальных жгутиков, прикрепленных к лепесткам. Разницу в устройстве старого и нового искусственных клапанов можно объяснить при помощи маленьких человечков. Пусть лепесток клапана – это дверь. Раньше она открывалась резким ударом толпы человечков, несущихся по коридору то в одну, то в другую сторону. А теперь появились человечки-швейцары, которые заранее осторожно распахивают двери перед толпой. Нет резких ударов, толчков, при таком «обслуживании» дверь прослужит долго.

Интересно, что многие изобретения сначала появлялись а виде игрушек и только спустя столетия становились техническими устройствами. Волчок – детская забава, но под солидным названием «гироскоп» (по латыни «гиро» – круг) стал сердцем навигационной системы – самолета, ракеты, судов. Другая игрушка – турбинка Гирона. Сегодня турбина – основа энергетики, реактивных двигателей. Художники используют калейдоскоп, придумывая новые рисунки тканей, обоев, узоры. Правда, здесь не только механика, но и оптика работает. Кстати, игрушки изобретают и

сегодня, и это ничуть не проще, чем придумывать станки, машины, другую технику. Школьники, изучающие ТРИЗ, придумали несколько новых конструкций Ваньки-Встаньки: с песочными часами внутри, с подвижным грузом, разделенного на две части – голову и туловище, которые могут качаться по-разному. Очень забавно было на него смотреть: то голова и туловище качаются вместе, то вразнобой, то голова застывает неподвижно на качающемся туловище, то наоборот.

Сегодня Изобретатель смотрел в цехе новый пресс. Удивительная штука! С древних времен известнаковка: нагретую деталь деформируют многократными ударами молота. Деталь при этом можно сделать любой формы, но трудно получить высокую точность. Много позжековки родилась горячая штамповка: заготовку кладут в стальную матрицу, а сверху сильно ударяют другой частью пресса – пуансоном, в результате деталь принимает заданную форму. Точность здесь довольно высокая, но придать одним ударом детали сложную форму могут только сверхмощные прессы с усилием в сотни и тысячи тонн. А пресс, изобретенный советским инженером А. Н. Силичевым, может сделать то же, что эти гиганты, но мощность его в 10—20 раз меньше. Пресс Силичева объединил оба вида обработки – штамповку и ковку. Матрица у него обычная, а пуансон не просто опускается вниз, а качается, как пресс-папье, постепенно формируя заготовку. За несколько секунд – готовое изделие, выполненное с высокой точностью. К сожалению, изобретение А. Н. Силичева, созданное еще в шестидесятых годах, до сих пор не внедрено в нашей стране. А тот пресс, который привел в восторг Изобретателя, изготовлен в Польше.

В реестре открытий под номером 13 зарегистрировано открытие Е. В. Александрова. Советский ученый «покусился» на теорию удара, созданную еще Ньютоном. И сумел доказать, что теория великого физика, без сомнений принимавшаяся более 250 лет, не точна. Используя найденные Е. В. Александровым закономерности, удалось создать совершенно новые ударные механизмы. Например, сделать отбойный молоток, который, сохранив силу удара, стал в четыре раза легче. Даже главную часть его – боек – оказалось возможным сделать из пластмассы! Боек бьет по стальному стержню, под ударами которого ломается твердый камень, а сам боек не страдает!

Задача 16. У партизан кончилась взрывчатка, но диверсионная группа снова вышла на железнодорожный путь. Меньшеминуты пробыли бойцы на насыпи и вовремя исчезли – шел вражеский состав, разогнавшись под горку. И вдруг паровоз, за ним вагоны летят под откос, что-то вспыхивает, начинают рваться снаряды – словом, все, как надо! Но как это удалось сделать без взрывчатки?

Задача 17. Изобретатель задумчиво смотрел на игрушку – маленького ослика на круглой подставочке, потом нажал на кнопку в нижнем торце подставки, и ослик послушно опустился на колени. Нажал посильнее – ослик лег на бок. Отпустил кнопку – ослик гордо выпрямился. Устройство игрушки несложно – ноги и шея ослика

набраны из небольших пластмассовых трубочек, внутри которых проходит нитка, натягиваемая пружинкой, спрятанной под кнопкой. Пока тросик натянут, ослик стоит. Стоит нажать на пружинку – натяг ослабевает и ослик падает. Игрушка...

А как можно было бы использовать в технике этот принцип? **ИЗ ЖИЗНИ МАЛЕНЬКИХ ЧЕЛОВЕЧКОВ**

Войдя в класс, Изобретатель остановился у стола, вынул из кармана карточку и прочитал: «Жидкость можно уподобить отряду солдат, ламинарное течение – четкому походному строю, турбулентное – беспорядочному движению. Скорость жидкости и диаметр трубы – это скорость и величина отряда. Вязкость – дисциплина, плотность – вооружение. Чем больше отряд, чем быстрее маневры и чем тяжелее вооружение, тем раньше расстраивается походный порядок. И так же в жидкости турбулентность возникает тем быстрее, чем она тяжелее, чем меньше вязкость и больше скорость и чем больше диаметр трубы».

– А кто это сказал? – спросили ребята.

– Сначала ответьте, какой метод использовал, автор этого рассуждения? – возразил Изобретатель.

– Конечно, метод маленьких человечков!

– Это, наверное, кто-то из ваших коллег, специалистов по ТРИЗ!

– Не угадали, – усмехнулся Изобретатель. – Это еще в прошлом веке написал Осборн Рейнольде, один из создателей теоретической гидродинамики, очень сложной науки.

– Сложной? Вроде все так просто! – Это благодаря маленьким человечкам, – сказал Изобретатель и подошел к большой магнитной доске, которую заметил еще во время первого урока. Достав из коробочки шесть квадратиков с изображениями маленьких человечков, он со звоном прилепил их к металлу. Затем прикрепил над ними еще шесть вверх ногами. Новые человечки были другого цвета. Все держались друг за друга. Изобретатель написал мелом V_1 и V_2 против каждой группы человечков.

– Человечки V_1 держатся друг за друга с силой $F_{1,1}$ – сказал Изобретатель. – Человечки V_2 – с силой $F_{2,2}$. А с какой силой держатся человечки V_1 и V_2 между собой? Правильно, $F_{1,2}$. А теперь давайте порассуждаем, какие значения может принимать сила F вообще?

– В твердом теле F большая, а в жидкости маленькая, почти ноль.

– А в газах?

– Может быть, отрицательная? Человечки в газах отталкиваются...

– Хорошо, пусть будет отрицательная. Смотрите, что у нас получается, – Изобретатель стал рисовать табличку:

	+	0	–
$F_{1,1}$		X	
$F_{1,2}$	X		
$F_{2,2}$	X		

Давайте посмотрим, что получится, если «поиграть» силой сцепления человечков. Каждая сила может принимать одно из трех значений: +, –, 0. Изобразим это в виде крестиков: – Что получается?

– Сверху твердое тело, снизу жидкость,

– Жидкость не льется вниз, ее держит твердое тело. Разве так бывает?

– Давайте подумаем, бывает так или нет.

Ребята задумались. В кабинете было тихо. Изобретатель не торопил их, медленно прохаживаясь между рядами столов. Догадуются или нет? Ведь это явление они сотни раз наблюдали. Даже здесь, в кабинете, его можно увидеть!

– Да вот же! – вдруг воскликнул один из мальчиков, указывая на кран, под которым висела капля воды.

– Правильно, это явление называется смачиванием! – сказал Физик. – Правда, этот материал мы еще не проходили.

– Ничего страшного! – ответил Изобретатель. – Потом это все будет серьезно, с формулами, а сегодня мы просто разберемся, что к чему. Продолжаем. Пусть силы останутся прежними, а вот самих человечков мы сейчас перестроим.

Изобретатель развернул человечков на доске так, что теперь граница раздела между V_1 и V_2 стала вертикальной. Что получилось?

Ребята молчали. Изобретатель понял, что схема оказалась слишком сложной. Он вынул из коробки еще кучку человечков и «достроил» картинку.

– Это стакан с водой! – теперь ребята догадались. – Человечки стакана окружили человечков воды и не дают им убежать.

– Все так считают? – спросил Изобретатель.

– Да! Да!

– А я думаю иначе. Вы забыли про силу $F_{1,2}$ – смачивание. Ведь твердые человечки притягивают жидких. Что должно получиться? Кто исправит картинку?

К доске вышла девочка и решительно взялась за человечков. Вот как это выглядело.

– Человечки твердые, которые наверху, должны тянуть к себе человечков жидкости. И они поползут вверх по стенке!

– Но тогда они могут вылезти из стакана совсем! – засомневался кто-то из ребят.

– Нет, не вылезут! Ведь есть сила тяжести! Гравитационное поле, тяжелая.

– Хорошо! А как сделать, чтобы человечки воды поднимались выше?

– Нужно увеличить силу $F_{1,2}$.

– Пусть твердых человечков будет намного больше, чем жидких, тогда их легче будет тащить вверх!

– Молодцы, ребята! – похвалил своих учеников Физик. Он подошел к шкафу и достал из него несколько тонких трубок, блюдце и маленькую бутылочку с черными зернышками. Налил в блюдце воды, бросил туда зернышко марганцовки. Вода тут же окрасилась в розовый цвет. Физик опустил трубки в воду и пригласил ребят к столу посмотреть на эффект, который они только что сами открыли, – Эти трубки называются капиллярными, – пояснил он. – Они очень тонкие, в них как раз и получается твердого вещества (стекла) много, а воды мало. А почему в этой трубке вода не только не поднимается вверх, ее уровень даже ниже, чем в блюдце?

Ребята обратили внимание на эту странную трубку. Да ничего странного! Просто человечки этой трубки не пускают человечков воды, отталкивают их! – Это явление называется несмачивание, – сказал Физик. – Разные вещества по-разному относятся к жидкостям: некоторые смачиваются, другие нет. Да и сами жидкости могут вести себя по-разному, одни смачивают чуть ли не все вещества, а другие очень и очень

разборчивы. Например, все жирные вещества водой не смачиваются. Вот эту трубку я смазал маслом.

– Между прочим, как вы думаете, что будет, если на поверхность воды положить тонкую иглу, смазанную жиром?– спросил Изобретатель, доставая иглу. Он аккуратно опустил ее на воду.

– Плавают, Человечки стараются!

Ребята подталкивали друг друга, чтобы лучше рассмотреть. От одного неосторожного толчка стол качнулся и игла... утонула! – Как это объяснить? – спросил Изобретатель. – Почему игла утонула?

– Маленькие человечки воды слабые, чуть-чуть друг за друга держатся. Они расступились от толчка, вот игла и утонула.

– Как на войне: если все твердо стоят, враг не пройдет! А если найдутся трусы, побегут – всем не устоять.

Ребята вернулись на свои места. А Изобретатель снова переставил человечков, Теперь человечки твердые были снизу, а жидкие – сверху.

– Новое условие. Человечки твердого тела не хотят иметь никаких дел с жидкими человечками. Сила $F_{1,2}$ – отрицательная. Что будет с жидкостью?

– Твердые человечки отбросят жидких!

– Нет, вы учтите, что силы отталкивания действуют только на очень малых расстояниях. Эти силы имеют молекулярную природу. Как только человек жидкости оторвался от твердой поверхности, сила отталкивания исчезнет.

– Тогда получится пирамидка вершиной вниз! – на доске появилась новая картинка.

– А пирамидка не рассыплется? – спросил Изобретатель.

– Может рассыпаться.

– А что сделать, чтобы не рассыпалась?

– Прижать их сверху другими человечками, Теперь картинка приняла вот такой вид.

– Получается шарик! Ртуть, когда выльется, тоже скачет шариками!

– Верно. Но мы забыли еще об одной силе, когда строили наши пирамидки. О какой?

– О силе тяжести!

– Да. А как она скажется на наших картинках? Ведь правильный шарик получается только тогда, когда капля в невесомости. А если сила тяжести есть?

– Верхние человечки будут стремиться вниз, капля немного сплющится.

– В принципе правильно. Здесь уже важно, каково соотношение между силой тяжести и силой сцепления между собой жидких частиц — $F_{1,1}$. Если человечков жидкости мало, то капля будет более круглой. А если человечков жидкости много, тогда капля растечется. Хотя края ее все равно будут скругленными, несмачивание останется. А почему ртуть, несмотря на силу тяжести, становится шариком?

– У нее очень большие силы сцепления!

– Верно. Но если удастся собрать большую каплю ртути, то она тоже сплющивается. А вообще эксперименты с ртутью опасны – испарения ртути ядовиты. Лучше работать с подкрашенной водой, маслом.

Мы познакомились с двумя вариантами взаимодействия B_1 и B_2 . Рассмотрите другие варианты. Что интересного вы получите? Подумайте над этим.

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

Занятием Физик был доволен. Но один вопрос не давал ему покоя.

– Знаете, всегда считалось, что материал должен излагаться последовательно, по программе, иначе не будет прочных знаний, нарушится логика освоения науки. Да и непонятно будет. Не вредно ли все-таки забежать вперед?

– Вы же видели, они в материале разобрались, хотя, конечно, на примитивном уровне. Впрочем, может быть, и не стоит называть их понимание примитивным. Они разобрались в механизме действия молекулярных сил. Когда потом будут изучать его подробно, с математическими выкладками, понимание механизма поможет им. Я прочитал кое-что о педагогах-новаторах. Так вот, учительница С. Н. Лысенкова всегда «забегает» вперед, обучая малышей. Она решает с ними задачки на «будущие» правила, не рассказывая об этих правилах, не требуя, чтобы все решили. Но когда доходит очередь до этих правил, они усваиваются легко даже самыми слабыми ребятами, потому что они уже знакомы.

– Не верите?

– Я столько повидал ко всему равнодушных ребят.

– Советский психолог Р. М. Грановская как-то очень образно написала:

«Традиционные методы передачи знаний иногда приводят к тому, что естественный процесс удовлетворения жажды познания превращается в хроническую травму для учащихся». Понимаете? Естественный процесс!

– Может быть, и так... Помню, как изводил меня вопросами мой трехлетний сын.

– А сегодня ему сколько?

Физик вздохнул:

– Пятнадцать. И вопросов он уже не задает.

– Да, это одно из самых тяжелых обвинений в адрес школы и традиционной системы обучения! Но, кроме инстинкта новизны, есть инстинкт узнавания: человеку всегда приятно опознать уже знакомое, известное. Сколько раз наблюдал: передают по радио музыку, в ней что-то знакомое. «Да это же увертюра Бетховена «Эгмонт», – скажет кто-то. И радуется потом, когда после окончания диктор подтвердит: действительно, увертюра Бетховена. Приятно чувствовать, что ты знаешь. Вот на этот инстинкт и «работает» опережение программы. А насчет нарушения логики науки... Так ведь она создавалась далеко не логично. А как захватывающе интересна действительная история науки...

ИГЗ: ФИГУРЫ НЕ ИМЕЕТ

«В XIX веке гидродинамики разделялись на инженеров-гидравликов, которые наблюдали то, чего нельзя объяснить, и математиков, которые объясняли то, чего нельзя было наблюдать...»

Это насмешливое высказывание принадлежит английскому физику С. Н. Хиншелвуду, президенту Лондонского королевского общества (английской академии наук) в шестидесятых годах...

А чем, собственно, отличается жидкое от твердого? Жидкость занимает любой объем, принимает любую форму, своей «фигуры не имеет», течет, перемешивается, а твердое неизменно? Но за миллионы лет «течет» и земная кора, под высоким давлением может «течь» очень твердая сталь, не говоря уже о мягком свинце или золоте. А если ударить очень быстро по воде – она будет твердой! Вода не успевает в этом случае расступиться. Изобретатель вспомнил один свой неудачный прыжок в воду с вышки – полгода о нем напоминала ушибленная спина. Между прочим, страх травмы очень мешает спортсменам. Противоречие: накануне ответственных соревнований очень нежелательно удариться о воду, но именно перед ними нужно постоянно тренироваться. Хорошая учебная задача, подумал Изобретатель: V_1 – человек, V_2 – вода, Π – вредное поле взаимодействия. Вредный веполь. Можно разрушить его введением модификации V_2 – «мягкой» воды. Для этого нужно воду насытить воздушными пузырьками. Под водой бассейна прокладывают трубы, по которым в зону прыжка подают воздух.

Жидкости взаимодействуют с твердыми телами. Здесь много «хитростей». Пористое тело втягивает в себя воду или другую жидкость, набухает и увеличивается в размерах. При этом возникают достаточно большие распирающие усилия. Древние египтяне вбивали в щели камня клинья из виноградной лозы и смачивали их. Клинья разбухали и ломали камень!

Жидкость может «прилипнуть» к твердому телу – всем известное явление смачивания. А изобретатели его применили нестандартно: придумали инструмент для захвата очень мелких деталей, которые нельзя ухватить пинцетом. С виду он похож на обычную перьевую авторучку. Нажимаешь на колпачок, выступает капля жидкости и «прихватывает» деталь.

Мчится вперед корабль, рассекая острым носом воду, расходятся в стороны волны – усы. На создание этих волн, к сожалению, тратится немалая доля топлива, сгорающего в машинах. И вот в начале тридцатых годов русский конструктор В. И. Юркевич предложил французской фирме «Пеноэ», строившей рекордно быстроходный трансатлантический лайнер, необычное усовершенствование. В его проекте на носу корабля ниже ватерлинии имелось странное утолщение, которое назвали «бульб» (в переводе с латыни – «луковица»). Это утолщение было рассчитано так, чтобы оно

толкало находящиеся над ней слои воды вверх, туда, где должны были образовываться впадины боковой волны. Благодаря этому волны ослабевали, волновое сопротивление падало. Перед носом «Нормандии» – первого судна с «бульбом Юркевича», кипела водовоздушная эмульсия, пена засасывалась под воду и обволакивала корпус корабля, снижая трение о воду.

Паровой котел устроен просто: большая кастрюля, в которой кипит вода и неторопливо поднимаются вверх пузырьки пара. Только пар получается плохой, влажный – пузырьки увлекают за собой воду, его приходится осушать. Да и размеры котла очень велики. Увеличить выход пара тоже сложно, например, бессмысленно увеличивать подогрев – у поверхности стенок котла образуется паровая прослойка, резко снижающая теплопередачу от стенок воде. Советский инженер И. В. Котельников нашел принципиально новое решение парогенератора. Вода, перегретая под давлением до температуры 150—200 градусов, врывается по касательной в круглый барабан и закручивается с очень высокой скоростью. Сила инерции отжимает ее к стенкам и заставляет всплывать пузырьки во много раз быстрее, чем в обычных условиях. В центре барабана образуется сухой пар – ведь капли воды отброшены центробежной силой к стенкам. Выход пара с одного квадратного метра нового парогенератора в 25 раз больше, чем у котлов старого типа.

На виброплиту поставили стакан с обычной водой и включили вибрацию. В воде моментально появились отдельные мелкие воздушные пузырьки. Но вопреки закону Архимеда они не всплывают, а собираются на дне. Произошло мгновенное перемешивание воды с воздухом. Это явление, впервые обнаруженное советскими учеными, было названо вибротурбулизацией. Подбирая частоту вибраций, можно почти мгновенно перемешивать разные жидкости, жидкости с газами или твердыми включениями, сбивать кремы или сливочное масло. А можно наоборот, разделять твердую, жидкие и газообразные фракции смеси. Удовлетворительного физического объяснения этого эффекта до сих пор нет.

Удивительных высот достигло искусство хождения под парусом на самом закате парусного судоходства. Клиперы (название произошло от английского слова и означает стричь, обрезать) резали волны со скоростями до 20 узлов (37 км/час), но в конце концов парус проиграл битву с паром. Бесплатная движущая сила ветра не компенсировала сложность управления парусами, необходимость держать для этого большую команду. Были попытки использовать ветер по-иному: в двадцатых годах нашего века немецкий инженер Антон Флеттнер установил на палубе небольшой шхуны, с которой были сняты мачты, два вращающихся цилиндра высотой 13 метров и диаметром 1,5 метра. Цилиндры вращались электромоторами. Когда на них набегал ветер, трение воздуха с той стороны, где направление вращения совпадало с направлением ветра, увеличивало скорость воздуха, а с противоположной уменьшало. А где выше скорость, там меньше давление (закон Бернулли). И на ротор начинает

действовать сила, движущая судно. Этот эффект открыл в середине прошлого века немецкий физик Генрих Густав Магнус. Ротор Флетнера может создавать при равных размерах значительно большую тягу, чем парус. Но в двадцатые годы идея его никого не заинтересовала. Топлива было достаточно, оно было дешево, возиться с новым типом судна никто не хотел. Сегодня же, когда человечество вплотную столкнулось с энергетическим кризисом, постепенно возрождаются парусные суда, ведутся работы и с роторными ветроходами.

Изучаются и другие возможности практического применения эффекта Магнуса: использование роторов вместо крыльев ветродвигателя и даже лопастей вертолетного винта. Просматривается принципиально новый двигатель для судов, лишь отдаленно напоминающий обычный винт, – вместо лопастей у него три ротора, а четвертый – вместо руля. Такая удивительная конструкция уже испытана и дала неплохие результаты. На небольших судах роторные рули (правда, пока с обычным винтом) уже используются.

Наверняка каждый слышал о роли науки аэродинамики в авиации. Как ни странно, на заре развития авиации роль эта была вредной, отрицательной. К сожалению, так бывает нередко – теория отрицает возможность создания принципиально нового устройства, а энтузиасты, несмотря на это, его создают. Потом порой через много лет находится и теоретическое объяснение. Так было, например, с сверхдальней радиосвязью. Короткие волны «отдали» радиолобителям, так как считалось, что они могут распространяться только на малое расстояние. А любители начали налаживать связи через континенты. Только тогда ученые всерьез исследовали вопрос и открыли ионизированные слои в земной атмосфере, отражающие радиоволны. Сегодня такое же положение с использованием омагниченной воды: ее уже лет тридцать применяют в разных областях техники, а в печати продолжают появляться статьи, утверждающие, что это невозможно, так как противоречит теории.

В аэродинамике со времен Ньютона господствовало убеждение, что крыло птицы в полете поддерживается давлением набегающего потока воздуха, создающего подъемную силу. Английский ученый Райли вывел формулы, позволяющие рассчитывать величину подъемной силы и лобового сопротивления полету. И из них следовала невозможность создания летательных аппаратов тяжелее воздуха. Но формулы загипнотизировали не всех. Немецкий инженер Отто Лилиенталь, занимаясь исследованием обтекания воздухом пластин разной формы, пришел к выводу, что изогнутые пластинки дают куда большую подъемную силу, чем это вытекает из расчетов. Он первым перешел от расчетов к экспериментальным полетам на самодельном планере. И погиб... Эстафету подхватили братья Уилбур и Орвилл Райт, велосипедные механики по профессии. Не доверяя формулам (а может быть, и не зная ничего о них), они сами изготовили аэродинамическую трубу из ящика и испытали в ней около 200 разных профилей крыльев. 17 декабря 1903 года их самолет совершил первый полет. Он длился 59 секунд и стал началом эры авиации.

Первое время аэродинамика «не замечала», что самолеты летают вопреки ее предсказаниям. Иногда указывала, что это – случайность, предельный вариант и

будущего у самолетов нет. Но самолеты совершенствовались, опровергая высказывания скептиков. И тогда расчетами занялся наш великий соотечественник – Николай Егорович Жуковский. В ноябре 1905 года он сделал в Математическом обществе доклад «О присоединенных вихрях», в котором заложил основы теории обтекания изогнутого крыла. А в 1910—1911 годах появились одновременно работы Н.Е. Жуковского и другого выдающегося нашего аэродинамика Сергея Алексеевича Чаплыгина, позволяющие точно вычислить подъемную силу крыла. Между старыми и новыми формулами была значительная разница. По старой теории подъемная сила создавалась небольшим количеством воздуха, контактирующего с плоскостью. А по теории Жуковского в ней участвуют огромные массы воздуха, не примыкающие к крылу непосредственно. Теперь, когда полеты получили теоретическое обоснование, развитие авиации пошло намного быстрее.

К твердому телу может «прилипнуть» не только жидкость, но и газовая струя. Это явление открыл при весьма драматических обстоятельствах румынский ученый А. Коанда. В 1910 году (!) он испытал в полете первый в мире реактивный самолет собственной конструкции, с двумя двигателями по бокам фюзеляжа. После разбега самолет взлетел, пролетел несколько десятков метров и упал. Смелый пилот отделался ушибами, но его очень заинтересовало необычное явление: бившие из двигателей языки пламени присасывались, буквально прилипали к фюзеляжу, закрытому стальными листами. Это прилипание сегодня позволяет создавать высокоэффективные сопла для горелок, улучшить работу аппаратов на воздушной подушке и судов на подводных крыльях.

С присасыванием струи к фюзеляжу пришлось столкнуться и А.Н. Туполеву при создании дальнего реактивного бомбардировщика ТУ-16 (впоследствии на его базе был создан пассажирский самолет ТУ-104). Реактивные двухмоторные самолеты уже строились повсюду, и обычно двигатели устанавливали на некотором удалении от фюзеляжа. Такое расположение двигателей затрудняло их крепление, утяжеляло самолет, ухудшало его аэродинамические качества. Но оказалось, что это и не нужно. Просто так делали по привычке, ведь на винтомоторных самолетах ставить двигатели близко к фюзеляжу нельзя, нужно место для вращения винтов. А.Н. Туполев преодолел сложившуюся инерцию и поставил двигатели прямо около фюзеляжа. Но для того, чтобы струя пламени не присасывалась, двигатели разместили под некоторым углом к направлению полета, струи при этом уходили в сторону. Провели первые испытания и удивились: скорость нового самолета оказалась выше расчетной, хотя обычно бывает наоборот. После проведенных исследований загадка была раскрыта – часть струи все-таки касалась фюзеляжа и «слизывала» с него приграничный слой воздуха, создающий повышенное сопротивление при полете.

Во время войны выяснилось, что стабилизатор бомбы, обеспечивающий строго вертикальное падение, плохо работает у бомб большого калибра (тонна и больше).

Опыты показали, что для нормальной работы он должен быть существенно больше, но бомба с таким стабилизатором не помещалась в бомбовом отсеке самолета. И тогда было предложено надеть на бомбу тонкое кольцо в месте ее самого большого сечения. Это кольцо при падении «возмущало», турбулизировало воздух, а турбулентный поток лучше прижимался к корпусу бомбы и повышал эффективность стабилизатора.

За движущимся предметом возникает зона разрежения, тормозящая движение. С этим явлением борются, пытаясь создать такой профиль оконечности, чтобы линии потока воздуха или жидкости плавно обтекали предмет. А почему бы не повысить в зоне разрежения давление искусственно? Например, закрепить у артиллерийского снаряда сзади небольшую пороховую шашку, чтобы продукты ее сгорания заполняли пустоту. Оказалось, что такой снаряд летит существенно дальше. Интересно, не по этой ли причине у гоночных автомобилей и мотоциклов всегда задраны вверх выхлопные трубы?

Задача 18. Хорошо играть в настольный теннис мягкой ракеткой. После крученого удара шарик летит по весьма хитрой траектории. Впрочем, это бывает не только в пинг-понге. Известен коварный удар «сухой лист» в футболе, когда мяч летит совсем не туда, куда, казалось бы, должен. Несколько лет назад один футболист вдруг начал бить «сухим листом» постоянно. Оказалось, что он немного «усовершенствовал» свои бутсы. Правда, в награду за эту «рационализацию» его дисквалифицировали. Что он сделал?

Задача 19. Искусственные алмазы нередко получают с трещинами. Такие кристаллы нельзя ставить в инструмент – развалятся во время работы. Пробовали их раскалывать по трещинам легкими ударами. Трещиноватые разваливались, но в осколках появлялись новые трещины. Как быть?

НОВАЯ ИГРА

Ребята по очереди выходили к доске и предлагали свои варианты сцепления человечков, строили картинки из квадратиков, изготовленных Изобретателем.

У доски Женя. Он предлагает рассмотреть такую комбинацию $F_{1,1}$ – положительная, значит B_1 – твердое тело; $F_{2,2}$ отрицательная, значит B_2 – газ; $F_{1,2}$ – тоже положительная; значит твердое тело притягивает газ. Может так быть?

– Не только может, но существует и называется «абсорбция» – очень важное явление, – сказал Изобретатель. – Во время первой мировой войны немцы применили новое и страшное оружие – отравляющие газы. Страшное потому, что тогда никто не знал, как от него защититься. Пытались найти вещества, способные нейтрализовать отраву, но немцы каждый раз меняли газ, ничего не получалось. Русский химик, кстати, уроженец Молдавии, из Тирасполя, Н. Д. Зелинский предложил использовать для улавливания газов активированный уголь. Собственно говоря, это обыкновенный древесный уголь, его получают прокаливанием древесины без доступа кислорода. Вот этот уголь и обладает свойством «хватать» и поглощать из воздуха человечков разных вредных газов. Изобретение Н. Д. Зелинского спасло жизнь миллионам людей. Какие еще комбинации рассмотрим?

– Пусть все силы будут положительными! – предложили девочки. – Это значит, что два твердых тела притягиваются друг к другу. Что это за эффекты?

– Просто одна деревяшка лежит на другой под действием силы тяжести!

– Две железки сжаты в тисках!

– Магнит притянул железку!

– Две противоположно заряженные пластинки.

К доске вышел Сережа и построил человечков следующим образом.

– Что это? – спросил он у ребят. Те никак не могли догадаться.

– Это диффузия! – заявил Сережа. – Я в учебнике нашел. Если наложить кусок свинца на кусок золота, то через несколько лет они соединятся, потому что их атомы в поверхностном слое перепутаются, как на рисунке.

– Хорошо. А как можно использовать диффузию? – спросил Изобретатель. Ребята не знали.

– В конце сороковых годов советский ученый Н. Ф. Казаков изучал странное явление – небольшие бугорки очень твердого металла, нарастающие на острых кромках резцов при большой скорости резания. Бугорки мешали резанию, заставляли часто перетачивать резцы. Казаков первый догадался, что бугорки возникают из-за диффузии: в зоне резания высокие температуры, резец с большой силой давит на металл, и частицы металла проникают в поверхность резца, сливаются с ним. На базе этого открытия Н. Ф. Казаков сделал выдающееся изобретение – создал диффузионную сварку. Оказалось, что если тщательно очистить поверхности двух деталей от окислов и разных примесей, поместить их в вакуум или инертную среду, а затем нагреть и плотно прижать, то с помощью диффузии можно соединить между собой самые разные вещества, несоединимые другими путями, например, нержавеющей сталь с вольфрамом, сталь со стеклом, с алюминием. Диффузионная сварка позволяет экономить сотни тонн стали, цветных металлов, делать легкие

конструкции. Не зря ее применяют в космической технике. Кстати, с космосом и диффузией связана одна забавная история. Когда первая попытка американских космонавтов выйти в открытый космос окончилась неудачей, некоторые газеты обвинили в ней нашу страну. «Русские лазеры заварили двери наших кораблей!» – писали они. Космонавты не смогли открыть выходной люк. Как вы думаете, почему?

– Наверное, двери заварились сами, от диффузии?

– Конечно! Ведь все необходимые условия для диффузионной сварки были соблюдены: космический вакуум, нагрев ракеты при взлете, люк плотно прижат к корпусу. Но вернемся к нашему рисунку. Как еще можно интерпретировать его?

– Застежка-молния! Там тоже отдельные частички чередуются!

– Застежка-репейник!

– Две шестеренки, как в часах!

Следующая схемка была такая:

	+	0	–
$F_{1,1}$		X	
$F_{1,2}$	X		
$F_{2,2}$	X		

– А у нас уже была такая схема! – сказали ребята.

– Была. Но добавим условие: $F_{1,1}$ намного больше, чем $F_{2,2}$.

То есть человечки B_1 жидкости могут отрывать человечков твердого тела B_2 и «забирать» к себе. Что это такое?

– Растворение!

– Хорошо! Во время войны устанавливали морские мины, Нужно было, чтобы мина всплывала не сразу, а когда уйдет наша подводная лодка, чтобы самим не взорваться. Для этого устанавливали специальный предохранитель, мешающий всплыть. А механизм предохранителя фиксировался кусочком сахара. Через определенное время сахар таял, и мина всплывала.

Таня изобразила, как маленькие человечки твердого разбегаются и превращаются в человечков газа.

– Так неправильно! – сказали ребята. – Сначала они должны превратиться в жидких человечков, а уж потом в газ.

Но Физик поддержал девочку.

– Таня права, – сказал он. – Такое явление есть, называется сублимация или возгонка. Так себя ведет, например, твердая углекислота – сухой лед.

– Мне как-то досталась такая задача: обеспечить пескоструйную чистку одного сложного устройства, но с условием, чтобы потом в нем не осталось ни песчинки, иначе оно выходило из строя. И тогда мы предложили чистить «песком» из сухого льда – такие «песчинки» потом сами исчезают, – рассказал Изобретатель.

Ребята выходили к доске, спорили, смеялись. Им нравилось, что придуманные ими эффекты не просто оказались известными и полезными, но и носили такие ученые названия: «абсорбция», «сублимация», «конденсация»...

– Обратите внимание, ребята, – сказал Изобретатель. – Мы строим из человечков веполи. У нас два вида человечков: V_1 и V_2 , а между ними какое-то поле, которое ими командует. И командовать можно по-разному. Например, человечки V_1 это поле слушают, а V_2 – нет. Благодаря этому можно менять картинки, заставляя человечков изображать разные действия. Например, что это такое?– Смесь двух жидкостей V_1 и V_2 .

– Хорошо. А теперь представьте, что нам нужно эту смесь разделить.

	+	0	–
$F_{1,1}$		X	
$F_{1,2}$		X	
$F_{2,2}$		X	

– Нужно «позвать» одних человечков в одну сторону, а других – в другую!

– Но для этого необходимо знать привычки человечков V_1 и V_2 , что они «любят»!

– Допустим, у нас перемешались вода и бензин. Это нередко случается. В теплую погоду в бензобак попадает влажный воздух, а когда похолодает, из воздуха выделяются капельки воды, происходит конденсация влаги. И тогда в бензобаке оказывается смесь бензина с водой, При движении автомобиля смесь взбалтывается и может попасть в карбюратор. Работа двигателя сразу ухудшается, А зимой может быть и хуже: капельки жидкости замерзнут в бензиновых шлангах, и мотор остановится. Особенно страшно это для авиации. Как же быть?

– Нужно найти подходящее поле, которого послушаются наши человечки.

– Пусть поможет волшебное слово!

– Да, МАТХЭМ!

– Молодцы, что не забыли. Вперед!

– М – механика. Если человечки разного веса, то они просто в конце концов сами разделятся: тяжелые уйдут вниз, а легкие вверх.

– Лучше раскрутить всю смесь! Тогда легкие соберутся в центре, а тяжелые – с краев! – сказала Таня.– Я видела у бабушки в деревне такую вращающуюся штуку, на ней получают масло из молока. Масло легче и оказывалось в середине.

– Эта «штука» называется сепаратор,– заметил Физик.– Слово «сепарация» по латыни означает «разделение».

– А вода и бензин одинаково смачивают твердые тела? – спросил Толик.

(Изобретатель начал понемногу знакомиться с ребятами. Толика он запомнил: это он на первом уроке сумел «испариться» из капли жидкости, которую изображали ребята. Этот мальчишка оказался вообще очень подвижным, с трудом сидел на месте, часто отвлекался, но, сосредоточившись, думал быстро и точно).

– Конечно, есть вещества, которые смачиваются водой и не смачиваются бензином, и наоборот,– ответил Изобретатель.

– Тогда просто: нужно «высасывать» воду с помощью капилляров, не смачиваемых бензином! – сказал Толик.

Ребята засмеялись – это же сколько трубочек потребуется! Но Изобретатель их остановил:

– Разве капилляры – это только трубочки? У кого есть промокашка?

Изобретатель забыл, что ребята пишут в общих тетрадях, в которые промокашки не вкладывают. Да и зачем она нужна, если у всех шариковые ручки? Конечно, промокашки ни у кого не оказалось. Но Физик достал из шкафа несколько листиков рыхловатой бумаги и показал, как быстро поднимается по бумаге вода, хотя в лоток окунули только маленький уголок листа.

– Именно такой способ используют, когда хотят проверить, есть ли в нефти вода, – сказал Изобретатель, – нефть по бумаге не поднимается, а вода – очень быстро. Наверное, на этом принципе можно и бензин очищать, только потребуется что-то поплотнее, чем бумага.

– Но ведь такой очиститель будет работать всего один раз, пока не пропитается водой, – засомневался Сережа.

– Ну это же просто! Ее можно просушить и снова использовать!

– Хорошо, ребята! Посмотрим следующее поле.

– А – акустика; Разные колебания...

– Колебания скорее размешивают, чем разделяют! – сказала Таня.

– Действительно, колебания чаще смешивают, чем разделяют, – согласился Изобретатель, – хотя с разделением неплохо справляются так называемые стоячие волны, возникающие при колебаниях. Но об этом мы поговорим в другой раз. А в принципе, как использовать свойство колебаний хорошо размешивать?

– Очень трудно размешивать крем для торта, – сказала Света. – Сидишь и мешаешь по полчаса. Может быть, колебания сделают все быстрее?

– Конечно, на больших предприятиях, где выпекают торты, пирожные, так и делают. И не только при производстве кремов, но в разных химических процессах. Вообще, наложение акустического поля...

– Ультразвук! – подсказали из класса.

– Ультразвук – колебания высокой частоты, которые человек не слышит, обычный звук – от тончайшего комариного писка до басового гудения и инфразвук – очень низкие колебания, которые человек тоже не слышит, но ощущает (ощущения довольно неприятные). Наложение практически любого звукового поля активизирует не только перемешивание, но и другие параметры процессов, поэтому широко используется. В том числе и для разделения. Например, если нужно разделить не капельки жидкости, а порошки из металлов разного удельного веса, бесполезно ждать, пока они сами разделятся под действием силы тяжести – они будут лежать совершенно спокойно. Представьте это себе с помощью человечков. Вот они лежат кучкой. Что нужно сделать, чтобы они разделились? Правильно, нужно заставить их как-то двигаться, потрясти, например. Тогда более тяжелые станут сползать вниз, а легкие – устремятся вверх. Но продолжим разделение наших капелек. Какое следующее поле?

– Т – тепловое поле! – быстро ответил Сережа, давно ожидавший этого момента. У него были идеи, и он боялся, что его опередят. – Тепловое поле скомандует человечкам, чтобы они превратились в твердое тело или в газ. Они разные, значит, превращаться будут по-разному. Что будет, если нагреть смесь?

– Бензин кипит при более низкой температуре, чем вода, – сказал Физик. – Он начнет испаряться.

– Весь бензин испарится, а в бензобаке останется вода, – засмеялись ребята. Но Сережа не растерялся.

– А я эти пары бензина соберу, а потом, после охлаждения, из них получится чистый бензин!

– Именно так, нагревая, а потом охлаждая пары, разделяли на компоненты природную нефть, – сказал Физик. – В том числе и бензин получали. Такой процесс называют перепонкой или дистилляцией (это слово по латыни означает стекание каплями). Сегодня для этой цели используют более совершенный способ. Дело в том, что при обычной перегонке получалось довольно мало бензина, но много менее ценных «тяжелых» составляющих нефти – керосин, солярка, мазут. Русский изобретатель В. Г. Шухов предложил «крекинг-процесс», при котором сложные молекулы нефти под давлением и при высокой температуре разлагаются на более простые и легкие, в том числе и молекулы бензина. Бензина становится больше, но отделяют его от остатков по-прежнему перегонкой.

– Может быть, лучше использовать замораживание? – спросил Толик. – Бензин на морозе не замерзает, я видел. А вода замерзнет. Вот и разделение.

– На Севере используют интересный прием, – сказал Изобретатель. – В морозную погоду ставят в ведро железный лом и льют на него сверху бензин тонкой струйкой. Он стекает по лому, а вода намораживается на лом. Или еще проще – перемешивают бензин в ведре холодным ломом – вода вымораживается. Молодец, Толик. Следующее поле?

– Х – химическое, – продолжил анализ Сережа. – Добавить что-то такое, что не будет реагировать на человечков бензина, но «свяжет», «схватит» человечков воды и вместе с ними от бензина.

Пусть станут газообразными и сами уйдут! – дополнили ребята.

– В теории изобретательства, когда вводят новое неизвестное вещество или поле, называют его «икс-элемент». Человечки «икс-элемента», «икс-человечки» нам всегда помогут.

– А такие вещества, которые нам разделить бензин помогут, есть? – спросил Сережа.

– Трудно сказать, – ответил Изобретатель. – Нужно посоветоваться с химиками. Так нередко случается при решении изобретательских задач. Идея есть, но оценить ее, развить без специалиста нельзя.

– А еще можно как-то связать человечков воды, чтобы они не портили бензин, например, не замерзали. Есть такие человечки? – спросила Марина. На этот вопрос Изобретатель и Физик тоже не смогли ответить сразу и снова напомнили о необходимости посоветоваться со специалистами. И перешли к следующему полю.

– Наверное, электрическое поле не годится, – сказали ребята. – Вода и бензин ток не пропускают.

– Никогда заранее нельзя отказываться от возможности использовать какое-то поле, – сказал Изобретатель. – Нужно сначала подумать. Например, капельки бензина и воды обладают разными свойствами, в том числе и электрическими: электропроводностью, диэлектрической проницаемостью.

– Извините, они еще не знают, что это такое, – вмешался Физик. Но Изобретатель упрямо покачал головой.

– Ничего, узнают. Главное, нужно уметь находить отличия. Предположим, что мы распылили смесь на мельчайшие капли бензина и воды в электрическом поле.

Наверняка они будут по-разному вести себя, значит, это можно использовать для разделения. Недавно была предложена новая установка для очистки бензина и керосина – набор вращающихся дисков из неэлектропроводного материала, наполовину погруженных в очищаемую жидкость. Из-за трения о жидкость диски заряжаются, и к ним пристают капельки воды, частички мусора и другие загрязнения. С магнитным полем – похожая история. Не сразу ясно, как его использовать, но подумать нужно. Вы ведь проходили действие магнитного поля на проводник?

– Да, в прошлом году. Когда проводник движется в магнитном поле, в нем создается электрический ток.

– И еще там действует механическая сила, по правилу какой-то руки, правой или левой...

–левой. Так вот. У воды электропроводность намного выше, чем у бензина. Каждая капелька воды – маленький проводничок, в ней при движении в магнитном поле возникает микроток, значит, на нее действует сила, «отгоняющая» ее от основного потока в сторону тем сильнее, чем больше магнитное поле и скорость движения. Получается в принципе, что, наложив магнитное поле на поток смеси, можно отделять воду от бензина.

– А что если соединить это с сепаратором? – спросил Женя. – Там все равно жидкость крутится с большой скоростью. Поставить магнит – и пожалуйста, разделяй!

– Интересно, хотя для этого придется обычный сепаратор сильно переделать.

– Можно сделать иначе, – предложил Толик. – Вот эти икс-человечки, «хватаящие» воду, должны быть магнитными. Тогда они унесут с собой воду при помощи магнита!

– Есть похожее изобретение, – сказал Изобретатель. – Вы, конечно, знаете, какие экологические катастрофы происходят, когда по поверхности моря разливается нефть? Для сбора разлившейся нефти было предложено рассыпать на поверхность воды пористые гранулы, несмачиваемые водой, но хорошо впитывающие нефть. Но как потом собрать эти гранулы с поверхности воды?

– Понятно! Добавить в гранулы послушных человечков – «магнитиков».

– Да, в эти гранулы стали добавлять железный порошок и собирать магнитом. А вот для очистки воды такой метод, по-моему, еще не применяли. Может быть, это было бы изобретением... Ну как, интересно изучать физику с помощью маленьких человечков?

– Да, похоже на игру!

– А можно такую игру сделать! – предложил Женя. – Кто-то строит картину и спрашивает другого – что это? Только еще цвет использовать. Например, человечки льда, воды, водяного пара – одного цвета. Вот, отгадайте картинку!

– Снизу жидкость, сверху твердое тело того же цвета – это та же жидкость, но в твердом состоянии, а еще выше – газ.

– Это похоже на прорубь во льду! – догадался кто-то. – А сверху – пар.

– А если человечки твердого тела будут другого цвета?

– Скважина нефтяная!

– Выключенный фонтан!

– А если теперь наложить поле, например, тепловое? – спросил Изобретатель. – Что будет?

– Сначала ничего особенного – жидкость расширится и поднимется вверх.

– А потом жидкость закипит! – Женя заменил несколько человечков жидкости на человечков газа того же цвета. – Человечки газа станут лезть наверх и толкать «жидких» человечков. Включится фонтан!

– А если просто нагреть трубочку и опустить в воду, что произойдет? – спросила Света.

Женя строил новую картинку. Трубочку он набрал из красных – горячих человечков. Вот она внутри жидкости. В нее забегают жидкие человечки и превращаются в пар, который выходит из трубки.

– И так, пока трубка не остынет? – спросил Женя. – Не уверен... – протянул Изобретатель.

– Я думаю, что в первый момент будет выходить пар. А вот когда немного остынет трубочка, может получиться, как в предыдущей картинке – фонтан из пара и воды, пока трубка совсем не остынет. А вообще-то было бы интересно проверить.

Физик грел в пламени горелки тонкую металлическую трубку. Затем сунул ее в стакан с водой и... ничего не вышло! Ребята замерли. Неужели маленькие человечки обманули? Но Физик уже догадался, в чем дело. Он нагрел трубку сильнее, ее конец засветился малиновым светом. Снова опустил ее в стакан, и вот теперь из противоположного конца вылетели брызги, пар, вода!

Опыт повторяли три раза к буйной радости ребят.

– А можно еще по-другому играть в человечков, – сказала Света, когда все успокоились. – Как в лото. Перевернем всех человечков вниз картинками и будем брать по очереди наугад и говорить, что получилось.

Она перемешала все картинки с человечками и взяла наугад одну из них. Это оказался человек твердого тела.

– Это – Земля, – сказала Света. Следующего человечка вытащил Женя.

– Это океан на Земле.

– А это корабль в океане, – сказал Изобретатель, устанавливая своего человечка.

– У корабля на буксире баржа.

– Это воздух вокруг корабля.

– А это кастрюля с супом на камбузе, – заявил под общий смех Толик, который никак не мог придумать, что означает человек жидкости, но другого цвета, то есть не воды.

– Нужно еще сделать квадратики с названиями полей, – предложила Света. – Тогда будет еще интереснее. Например, если электрическое поле – это гроза, если в воздухе...

– А если в супе? – съязвил кто-то.

– Тогда это электронагреватель! Или молния ударила в камбуз! – не растерялась Света.

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

– Молодцы ребята, интересные игры придумали,– удивлялся Физик.– А скажите, эти игры в самом деле новые? Был момент, когда мне показалось, что вы ребят «наводите», подталкиваете к идее.

– Жаль,– огорчился Изобретатель,– надеюсь, ребята этого не заметили.

Понимаете, очень важно, чтобы они были уверены, что новую идею нашли сами. Тогда к ней появляется особый интерес, «родительские» чувства.

– А как вы думаете, не страшно, что мы не смогли на некоторые вопросы ребят ответить? – спросил Физик озабоченно.– Помните, как они оживились?

– Вы считаете, что они злорадствовали?

– Не знаю. Скорее всего нет, но все-таки...

– Думаю, что они оживились, потому что почувствовали: речь зашла о чем-то новом, неизведанном. Это всегда так увлекательно! А учитель не обязан знать ответы на все вопросы. Конечно, если эти вопросы не входят в круг обязательных знаний.

– Я понимаю, природа неисчерпаема, всегда найдутся вопросы, на которые нет пока ответов, но все они обычно так далеки от школьной программы. А когда учитель не может ответить, он теряет авторитет,– настаивал Физик.

– Честно признаться, что чего-то не знаешь,– это не потеря авторитета. Ребята такие вещи хорошо понимают. А вот попытки «выкрутиться» действительно его уронят,– отвечал Изобретатель.– Вы еще просто не привыкли. А я часто сталкиваюсь с задачами, решения которых лежат в малоизученных областях науки, техники... Да на многие вопросы ответить сразу просто невозможно, нужно сначала провести исследования, опыты. Нередко для того, чтобы ответить, нужно решить исследовательскую задачу.

– Ну, здесь ТРИЗ уж не поможет,– сказал Физик.– Здесь, как в «Двух капитанах» – «Бороться и искать...»

– Подумать тоже не мешает,– заметил Изобретатель.– ТРИЗ и здесь помогает. В ней есть специальный подход к решению исследовательских задач. И овладеть им может каждый. По-моему, если учитель будет сам с ребятами решать такие задачи, то его авторитету ничего угрожать не сможет.

ИГЗ: ВСЕ КОЛЕБЛЕТСЯ

Изобретатель просматривал последние записи. Пришел черед акустического поля – тоже механического по природе, но во многих случаях гораздо более эффективного обычной механики. Есть закономерность в развитии техники – переход к использованию вместо постоянных полей переменных. Изобретатель спрятал толстую папку с надписью «Механика» и достал новенькую. «Колебания, вибрации, волны. Звук, инфразвук, ультразвук» – написал он на ней.

Все течет, все изменяется – так говорил в древности греческий философ Гераклит. С еще большим основанием сегодня можно сказать, что все колеблется. Тепловые колебания атомов, шум и вибрации работающей машины, биение человеческого сердца, музыкальная симфония, разнообразные атмосферные явления, полет планет по орбитам – все эти явления есть колебания – движения «из стороны в сторону», описываемые похожими формулами, подчиняющиеся аналогичным уравнениям теории колебаний. Как создаются вибрации, колебания, в том числе и привычный нам звук? Способов множество, срабатывают все поля из МАТХЭМ. Ну, конечно, механика. Изобретатель провел концом скрепки по стеклу на своем столе и поморщился от очень неприятного скрипа. По научному этот скрип называется фрикционными колебаниями (по латыни слово «фрикцио» – трение), то есть колебания от трения, которое происходит между двумя трущимися поверхностями твердых тел. И скрип, вернее, фрикционные колебания много могут порассказать об этих поверхностях, да и о самих твердых телах тоже.

Лет 150 назад молодому инженеру-мостостроителю Дмитрию Ивановичу Журавскому поручили спроектировать железнодорожный мост. Ему очень хотелось использовать в проекте недавно изобретенные решетчатые фермы вместо привычных балок, что позволило бы существенно облегчить конструкцию моста. Но тогда еще не было методики расчета подобных ферм. Д. И. Журавский разработал собственную методику, но она дала странные результаты. Получалось, что в некоторых элементах конструкции вместо ожидаемых сжимающих усилий должны были действовать растягивающие. Конечно, нужно было проверить правильность расчетов на макете, но как определить усилия, если до изобретения тензометрических датчиков (датчиков напряжений) оставалось еще лет сорок! Журавский решил определять усилия на слух. Он заменил в модели все элементы, которые, по его расчету, должны были испытывать растягивающие усилия, струнами и настроил их в ненагруженном состоянии в унисон (на одну частоту). Затем стал постепенно нагружать модель. После каждого прибавления нагрузки он обходил модель и проводил по струнам смычком. По изменению высоты звука под нагрузкой легко вычислялись действующие усилия. Все измерения совпали с расчетами.

Возбуждать колебания любых частот можно и ударами. В Древнем Риме были построены могучие боевые машины, предки современной артиллерии – катапульты. У катапульты много общего с обычной рогаткой, только вместо резины (о ней в Древнем Риме не имели понятия, да и не годилась она для таких нагрузок) использовали два мощных каната, сплетенных из женских волос. Чтобы камень из катапульты летел в

нужное место, необходимо было обеспечить равное натяжение обоих канатов. А как проверить натяжение? Оказалось, что очень просто. По канатам легко ударяли молотком и слушали, как они звучат. Если натяжение было одинаковым, звук получался тоже одинаковым. И точность была отличной, ведь музыкальный слух – достаточно «тонкий» инструмент.

Каждый слышал хоть однажды рычание водопроводной трубы, журчание ручейка, плеск набегающих на берег волн и, конечно, представляет, что создавать звук может текущая вода. Но чаще всего источником звука является поток воздуха. Когда в потоке воздуха оказывается твердое тело, позади него возникают завихрения, воздух при этом колеблется – а это и есть звук. И если тело может перемещаться, изменять свою форму и твердость, то будет меняться высота звука. Так устроены наши голосовые связки: они колеблются под воздействием проходящего через них воздуха, а полость рта и носоглотка служат резонаторами, усиливающими звук. Интересно, может ли звук создаваться теплом? Несмотря на хорошую память, Изобретатель не мог сразу ответить на этот внезапно возникший вопрос. Пришлось снова порыться в картотеке. Странный факт: собаки не любят, когда в доме оттаивают холодильник – убегают из кухни. В чем дело? Оказывается, таяние льда сопровождается довольно сильными щелчками, но в диапазоне частот, которые человек не может слышать (известно, что область слышимых для человека частот – от 50 герц до 20 тысяч герц). А собаки слышат и более высокие частоты, недоступные человеку. Когда-то этим свойством пользовались браконьеры, охотясь в чужих угодьях. Они отдавали команды собакам с помощью свистков, не слышимых человеку, И еще сообщает о своем кипении чайник, шипит раскаленная сковорода... Тепловое поле тоже «разговорчиво».

Звук «по-химически» – что это такое? Вроде химия – дело тихое. А взрывы?

Насчет «звучания» электрических и магнитных полей сомнений нет. Колеблется кристалл пьезоэлектрического вещества – кварца под действием электрического поля, стальная мембрана под действием магнитного – и из динамика слышна музыка, человеческая речь. Грохочет гром – это электрический разряд, басовито гудит электродвигатель в пылесосе и вентиляторе, звенит электрический звонок...

1858 год. Газовый рожок ровно освещает комнату. Но вот заиграла виолончель, и по комнате побежали световые блики – пламя заколебалось в такт музыке. Так было открыто влияние звука на огонь.

Ревет реактивный двигатель. Рядом включают небольшой динамик. И его звук во много раз более тихий, чем шум воздушной струи, заставляет ее «взречь» сильнее. Но вот частоту звука динамика меняют, и, словно по волшебству, шум двигателя

уменьшается, ускоряется течение воздушной струи. Звук дробит мощные кольцевые вихри, зарождающиеся на выходе из сопла двигателя и создающие шум, Влияние звука на процесс зарождения турбулентных вихрей в струе жидкости или газа – открытие советских ученых – аэродинамика А. С. Гриневского и акустика Е. В. Власова. Им выдан диплом на открытие № 212. Возможно, это реальный путь к созданию «тихого» самолета.

Скрипач взял запыленную скрипку и провел по ней смычком. И вдруг увидел, что по освещенной солнцем деке скрипки побежали пылинки. Так по преданию был открыт эффект вибротранспортировки, широко используемый сегодня. В рудном карьере на стальной ленте вибротранспортера перемещаются, как по щучьему велению, вверх глыбы камня весом в несколько тонн. А вот стальная труба, опущенная вертикально вниз в емкость с мукой или песком. Включается вибрация – и сыпучий груз сам лезет вверх, высыпаясь в нужном месте. Как это все происходит? Весь секрет в подборе формы и ритмики колебаний. Мелкими толчками груз отбрасывается от одной стенки к другой, которая в этот момент двигается вверх, от нее – снова к первой, которая только что двигалась вниз, а теперь тоже пошла вверх. Стенки колеблются вокруг одной и той же точки сотни раз в минуту, а груз ползет и ползет.

Еще одно удивительное явление, связанное со звуком и вообще любыми колебаниями, – эффект самосинхронизации. Еще Гюйгенс заметил, что если несколько маятниковых часов висят на одной стене, то через некоторое время они все начинают качаться в лад, согласованно. Но этим мало кто интересовался. Только во второй половине нашего века на это явление обратили внимание после удивительного случая. Стояли рядом два электрических виброгенератора, исправно вращались в них роторы, создавая вибрацию. И вот однажды обмотка одного из них перегорела, но он продолжал вращаться как ни в чем ни бывало! Оказалось, что его фактически «тянула» за собой, заставляла вращаться вибрация, создаваемая вторым генератором. Самосинхронизация – свойство самых разных колеблющихся объектов вырабатывать единый ритм совместного движения, несмотря на то, что индивидуальные ритмы различны, да и связи между объектами часто очень слабы. Ученые объясняют этот эффект с помощью сложных нелинейных дифференциальных уравнений теории колебаний. Самосинхронизация очень распространена в окружающей среде, но к ее изучению приступили недавно, и в этой науке еще много белых пятен. Самосинхронизируются достаточно далеко стоящие друг от друга электродвигатели и автоматические прессы (с этим приходится бороться), органные трубы, квантовые генераторы. Явлением самосинхронизации объясняют то, что Луна всегда повернута к Земле одной стороной. Синхронно машут крыльями журавли в стае, мигают светлячки, переходят в ритмичные аплодисменты нестройные вначале хлопки в театре... Врачи подозревают самосинхронизацию в заболеваниях некоторыми видами раковых опухолей и на нее же надеются в борьбе с ними.

Диким голосом «поет» фуговальный станок, снимая с дерева тонкую стружку. Еще бы! На вращающемся со скоростью 30 000 оборотов в минуту ножевом валу закреплены четыре острых ножа, рассекающие воздух. Визг на весь завод. Избавиться от него помогло предложение молодого рабочего. На валу установили дополнительные четыре... нет, не ножа, это ухудшило бы обработку, а простые стальные пластинки. Теперь частота «визга» увеличилась и вышла за диапазон человеческого восприятия. Станок «затих», перешел на ультразвук.

Ультразвук сегодня работает в самых разных областях. Он режет твердые материалы, очищает от грязи поверхности, снижает трение в подшипниках и при резании металлов. Если прижать друг к другу детали из разного металла (или полимера) и наложить на них ультразвуковые вибрации, то они сварятся между собой. Правда, толстые слои таким образом не соединить, здесь потребуется обычная электросварка. Но наложение ультразвука при электросварке существенно повышает ее качество: под воздействием ультразвукового капиллярного эффекта жидкий металл лучше растекается, ультразвук «выгоняет» из расплава частицы примесей и газы, улучшает структуру кристаллизующегося металла, снимает возникающие при остывании внутренние напряжения. Все эти преимущества можно реализовать не только в сварке, но и в металлургии и машиностроении, когда речь идет о получении металлов и изделий особого качества.

В радиоэлектронных устройствах иногда требуется задержать один сигнал относительно другого. Для этого его можно пропустить по более длинному пути. Но слишком уж быстро движутся электромагнитные волны, очень длинные линии задержки потребуются. А ультразвуковые линии задержки куда компактнее. На поверхности пьезокристалла напылены два электрода. Первый превращает электрические колебания в ультразвук, второй – ультразвук в электрические колебания. Расстояние между электродами, допустим, миллиметр. Скорость звука в твердых телах примерно километр в секунду, то есть в 300 000 раз меньше, чем электромагнитного поля, значит ультразвуковая линия задержки толщиной в миллиметр задерживает сигнал как 300 метров кабеля!

Инфразвук – антипод ультразвука, звуковые колебания сверхнизких частот. Во многом их возможности схожи. Например, инфразвук тоже может активизировать химические процессы, измельчать различные материалы. И хоть ему не под силу создавать такую высокую плотность энергии, как ультразвуку, зато он очень хорошо распространяется, может охватить большое пространство. По этой причине от него гораздо труднее защититься, чем от ультразвука, а защита часто необходима. Несмотря на то, что инфразвук так же не слышен для человека, как и ультразвук, он оказывает на человека вредное действие, вызывая ощущения страха, угнетенности, ужаса (это явление использовано в «Симфонии гнева» советского композитора Б. И. Тищенко. Специально построенная инфразвуковая труба длиной около 8 метров издавала звук

частотой 11 герц). А очень мощный инфразвук частотой около 7 герц может вызвать сильные боли, внутренние кровотечения, свести с ума и даже убить человека. Не в этом ли загадка судна «Мария Челеста», которое было обнаружено в океане без малейших признаков повреждений, но и без экипажа? До сих пор ломают голову, куда он мог подеваться и почему. А ведь море в штормовую погоду может генерировать очень сильные инфразвуки. Некоторые ученые считают, что тайна Бермудского треугольника в том, что из-за географических и климатических особенностей в этом районе иногда могут возникать очень мощные инфразвуковые колебания.

Задача 20. Этот случай произошел в Одессе на конспиративной квартире революционеров. Обстановка была тревожной, полиция могла нагрянуть в любое время, но уходить подпольщики решили только в самом крайнем случае – в других местах было не лучше. И вдруг – стук в дверь. Хозяин спускается вниз, открывает парадный ход – полицейские! Под дулом пистолета хозяин должен вести полицейских наверх и не крикнешь друзьям... Тем не менее, когда полиция поднялась, никого не было, революционеры ушли другим ходом. Но как они узнали, что нужно уходить?

Задача 21. Как записать без искажений симфонию, чтобы тот, кто слушает стереофоническую пластинку дома, воспринимал музыку как будто он сидит в зале филармонии?

ВЕПОЛИ – МАСТЕРА НА ВСЕ РУКИ

- Помните главное правило вепольного анализа? – спросил Изобретатель.
- Нужно достраивать веполь! МАТХЭМ! Вводить вещество или поле, – нестройным хором ответили ребята.
- Хорошо, Тогда – задача.

Задача 22. При лечении человека с помощью УВЧ (электромагнитного поля ультравысокой частоты) нужно излучатель прижимать к прогреваемому участку человеческого тела. Внутренние органы при этомгреваются хорошо, но может случиться перегрев (ожог) поверхности кожи. Если излучатель не прижимать, то ожога не будет, но и прогрев получится слабый, большая часть лучевой энергии разойдется во все стороны без пользы для человека. Как быть?

– Построим веполь! V_1 – человек, V_2 – излучатель. И поле Π – электромагнитное. Получается, что веполь уже есть. А что же тогда достраивать?

– Совершенно верно, в этой задаче правило достройки веполя не «работает». Познакомимся с новым правилом. Веполь у нас, и правда, есть. Только нужен ли он нам?

- Не нужен! Из-за него получают ожоги!
- Нет, нужен, Ведь он прогревает и лечит человека!
- Нет, не нужен...

– Не спорьте, ребята. Просто у нас два веполя. В одном V_1 – не просто человек, а тот орган, который нужно прогреть, и этот веполь полезный, с ним нам работать не нужно. А во втором V_1 – поверхность кожи, на которой возникает ожог. И этот, второй веполь ненужный, вредный. Поэтому от него нужно избавиться, прекратить его действие, «разрушить» его. В ТРИЗ есть несколько вариантов разрушения вредного веполя. Один из них – это введение между двумя веществами какого-то третьего вещества V_3 . Схематически это выглядит так:

Волнистой линией здесь обозначено вредное действие, которое V_3 должно устранить. Что такое может быть V_3 ?

– Поставить экран! И не будет ожогов!

– Все так думают? Нет? Почему? Правильно, тогда не станет и полезного веполя – не будет разрешено противоречие. А какими свойствами должно обладать V_3 ? Пропускать излучение, но не давать обжигать, охлаждать.

– Охлаждает хорошо вода. Точно, вода! А излучение сквозь воду проходит хорошо!

– Да, вода проводит излучение не хуже, чем человеческие ткани, в них воды чуть ли не 80%! Хорошо. Пойдем дальше.

Задача 23. При гранулировании никеля (получение никеля в виде небольших шариков – гранул – необходимо по условиям производства) расплавленный никель льют с высоты в воду. В воде капельки застывают, превращаясь в гранулы. Но есть в

этой технологии недостаток: кроме гранул получается много «песка» – осколков гранул. Причина появления «песка» известна: упавшая в воду часто еще очень горячая капля разлетается на части из-за «теплового» взрыва – резкого переохлаждения при соприкосновении с водой. Как от этого избавиться?

На доске рисуют вредный веполь. V_1 – капля никеля, V_2 – вода, П – вредное тепловое поле... Или механическое?

– Скорее тепловое. Но в нашей задаче это даже не очень важно. Главное, что оно вредное. Что нужно сделать, чтобы его устранить?

– А почему бы не увеличить высоту, с которой капли падают? Они тогда успеют остыть в воздухе по дороге.

– Нужны десятки метров высоты, получится огромная, дорогостоящая башня. Так что лучше вернуться к правилу разрушения вредного веполя. Что будем делать?

– Вводить V_3 !

– Это правильно. Но каким требованиям V_3 должно удовлетворять?

– V_3 должна быть холодной, как вода, чтобы капли остывали.

– И мягкой, как воздух, чтобы капли не разбивались!

– Смотрите, нам требуется что-то среднее между водой и воздухом. Что это может быть?

– Газированная вода!

– Пена!

В принципе годятся оба решения. Но в данном случае лучше остановиться на пене: очень уж хорошо получается – заполнить все пространство пеной, пролетая через которую капли будут охлаждаться гораздо быстрее, чем в воздухе.

– Теперь такой вопрос. Обратите внимание, что и газированная вода, и пена – это нечто производное от того, что уже есть в системе – воды, воздуха. Мы будем называть такие вещества модификациями V_1 или V_2 . Использовать в качестве V_3 не постороннее третье вещество, а модификацию всегда идеальнее, потому что его можно производить тут же на месте. Поэтому второй вариант разрушения вредных веполей заключается в введении V_3 – модификации. Например, для снижения трения корабля о воду предложено разделить эту поверхность на электрически изолированные участки и пропускать между ними электрический ток. Что будет происходить в воде?

– Электролиз воды. Появятся пузырьки – модификация воды!

– Конечно. Теперь трение будет уже не между твердым телом и жидкостью, а между твердым телом, и газом. Соппротивление уменьшится, скорость увеличится. При дробеструйной обработке заготовки «оббиваются» со всех сторон потоком быстро летящей стальной дроби. Но эта же дробь «обрабатывает» и стенки трубы, по которой она летит, подгоняемая сжатым воздухом. Трубы эти быстро приходят в негодность, хотя и делаются из самой износостойкой стали. А недавно было предложено трубу намагнитить. Теперь она покрывается тонким слоем дроби и...

– Дробь бьет по дроби, а труба целая! Здорово!

– Да, здесь неподвижная дробь в некотором роде модификация дроби движущейся. Так что слово «модификация» мы будем понимать достаточно широко.

Задача 24. Для извлечения из стали вредных примесей ее перемешивают со специальными веществами с помощью механической мешалки. Но мешалка при этом будет плавиться и загрязнять сталь, а делать ее из теплостойких материалов дорого и сложно. Как быть? Здесь тоже вредный веполь: V_1 —мешалка, V_2 – сталь, П – вредное тепловое поле. Для разрушения его введем V_3 – модификацию чего?

– Есть еще одно правило – всегда лучше брать модификацию того вещества, которого в системе много, тогда оно будет легко восстанавливаться.

– Тогда модификацию стали. Покрыть мешалку слоем твердой стали можно?

– Нужно охлаждать мешалку! Тогда на ней будет слой стали. А если она и растает – не беда, новый слой нарастет!

– Отлично! Ребята, кто заметил, как чаще всего получается модификация, с помощью чего? – Одного из веществ? – Нет, наверное, поля. – Да. Вещество V_3 (при решении изобретательских задач модификации часто обозначают иначе, в зависимости от того вещества, из которого они получаются V_1' , V_2' , $V_{1,2}'$) чаще всего получают с помощью поля, для этого даже специальный веполь образуется.

Ну что же, в этом разобрались. Но ведь не всегда можно забраться внутрь веполя, ввести другое вещество.

Задача 25. Есть большая испорченная железобетонная деталь – свая или стена, которую нужно разрушить прямо на месте. Обычно такую работу делают с помощью отбойного молотка, стальную арматуру перепиливают ножовками или режут газовой горелкой – долгая, тяжелая, очень непроизводительная работа. Специального оборудования для ломки бетона нет. Как быть? Вредный веполь построен сразу: V_1 – стальная арматура, V_2 – бетон, П – вредное поле связи между ними. Как его разрушить? Между арматурой и бетоном вещество не введешь.

– Что внутрь железобетона может проникнуть? – Ничего.

– Совсем ничего?

– Поле может! Электрическое или тепловое.

Еще несколько минут – и решение получено. Нужно нагреть арматуру электрическим током, а бетон снаружи охлаждать, для этого его можно поливать водой. Тогда бетон начнет трескаться.

Итак, ребята познакомились еще с одним вариантом разрушения вредного веполя – введением поля, действующего против вредного. Схематически это выглядит так:

Как искать нужное поле? Конечно, с помощью МАТХЭМ!

Задача 26. При переплетении книг есть операция, которая называется «распушка»: книгу зажимают за корешок, а ее листы «раскрывают», отделяют друг от друга. Как это сделать самым простым способом?

Механическое поле – можно продуть воздухом. Тепловое или химическое вряд ли подойдут – можно испортить книгу. Электрическое лучше всего – зарядить листы одноименным зарядом. А магнитное поле не годится – бумага не магнитна.

– Запомните, ребята, электростатическое поле всегда хорошо работает в веполе, когда нужно обеспечить притяжение или отталкивание между легкими веществами или деталями,– сказал Изобретатель.– Вот как в следующей задаче, которую решал коллега.

Задача 27. На заводе получали химический продукт, смешивая две жидкости. Для улучшения реакции жидкости распыляли с помощью специальных устройств – форсунок и подавали в реактор навстречу друг другу. Реакция шла хорошо, но был недостаток: не все капли успевали прореагировать. Случалось и так, что сливались вместе капельки одной и той же жидкости, что было недопустимо. Что нужно делать?

– Нужно, чтобы все капли одной жидкости слились с каплями другой, а однородные капли не сливались! – А как этого добиться?

– Да очень просто: зарядить капельки разных жидкостей зарядами противоположного знака. Тогда одноименные капельки будут отталкиваться, а разноименные сливаться.

– У нас получилось решение двух задач: мы достроили один полезный веполь и разрушили вредный.

– Да, и заметьте, с помощью одного и того же поля!

– А ваш коллега тоже так решил эту задачу?

– Один к одному.

– А почему для решения этой простой задачи потребовался специалист по ТРИЗ? Те, чья задача, сами не могли догадаться?

– Во-первых, они не знали вепольного анализа. Впрочем, можно было и без него обойтись. Но они просто не увидели эту задачу – решали совсем другую проблему: как очищать полученный продукт от исходных. Поэтому и не могли справиться с задачей. Есть старая поговорка: «Хромой, бредущий в правильном направлении, обгонит всадника, скачущего не туда».

– Мне пришло в голову,– вмешался Физик, внимательно следивший за ходом занятия и тоже решавший задачи,– что вепольный анализ можно было бы использовать и в экспериментальной работе для решения задач, возникающих когда нужно что-то измерить. Я в университете работал в студенческом конструкторском бюро, у нас было много заказов на разработку различных измерительных приборов, устройств.

– Вы правы,– согласился с ним Изобретатель.– В вепольном анализе целый раздел посвящен решению именно измерительных задач. Но начинать нужно не с построения веполей. Есть несколько общих рекомендаций, как поступать с измерительными задачами.

Рекомендация 1. Если дана задача на измерение или обнаружение, целесообразно так изменить систему, чтобы вообще отпала необходимость в решении этой задачи.

– Простите, я не понял...– растерялся Физик.

– Я объясню. В большинстве случаев измерение не является самоцелью. Просто требуется информация, с помощью которой можно лучше организовать главное действие системы. Например, при закалке некоторых сталей необходимо в течение определенного времени выдерживать температуру нагрева с точностью до нескольких градусов. Конечно, можно это сделать обычным путем: установить датчик температуры, например термопару, нагреватель, программное устройство, которое в зависимости от изменения температуры будет включать и выключать нагреватель. Но можно и гораздо проще, а значит, идеальнее. Как? Не забыли еще маленьких человечков?

– Маленькие человечки сами поддерживают свою температуру. Их греют, а они не греются. Охлаждают – не охлаждаются. – Так не бывает! Это же нарушение законов природы!

– Между прочим, лед тоже греют, он тает, но его температура не повышается, пока лед не растает, – напомнил Физик.

– А, ну тогда конечно! – обрадовались ребята. – Тогда все ясно! Ребята излагали решение, уже забыв, что только что считали его принципиально невозможным. А оказывается – возможно! До чего приятно, когда одержана победа над невозможным! А решение – простое: подобрать вещество с нужной температурой плавления и включить нагреватель. Пока идет плавление, температура постоянна. Кстати, пока затвердевает – тоже.

– Получается, что нужно эту деталь опускать в расплав. А это можно? – засомневалась девочка. – Почему же нельзя? Деталь опускают в расплав специальной соли, получается очень хорошо, даже окалина не образуется, потому что нет соприкосновения с воздухом.

Задача 28. Известно, что эффективность работы железной дороги тем выше, чем длиннее составы поездов. Но длина состава ограничена мощностью тепловоза. Сегодня состав-тяжеловес везут несколько тепловозов. Их распределяют по всему составу равномерно через 20-30 вагонов, потому что если их оставить в голове состава, слишком большим будет усилие на сцепке. Но как управлять всеми тепловозами? По радио? По электросвязи? Представьте себе такую картину: передний тепловоз выехал на пригорок, сейчас будет спуск, и ему нужно притормаживать. А второй еще внизу, и ему нужно тащить изо всех сил. Что же получится? Состав разорвется! Конечно, можно призвать на помощь всемогущую ЭВМ, как сделали американцы: затратили несколько миллионов долларов – разместили вдоль всего пути датчики, рассчитали скорость для каждого тепловоза на каждом участке. Нельзя ли решать эту проблему проще?

– А машинисты во всех тепловозах есть?

– Допустим.

– Так пусть они смотрят: если вагон впереди едет быстрее – пусть тоже нажмет, если медленнее – пусть тормозит.

– К сожалению, реакция человека недостаточно быстрая.

– Тогда поставить автоматику – она быстрее будет реагировать.

– Что же, можно поставить лазерный измеритель расстояния, ЭВМ для управления – лучше американского варианта, но не намного. Наши железнодорожники сделали проще. Представьте себе между тепловозом и предыдущим вагоном пружину. Кстати, обычная сцепка и есть пружина, очень сильная. Если пружина растянута, значит вагон тащит тепловоз – нужно поднажать, а если сжата – нужно тормозить. Вот и все. Осталось связать тем или иным путем управление подачей топлива в дизель со степенью натяжения сцепки – и задача решена. Без ЭВМ, лазеров и миллионных затрат.

– А у нас в КБ была такая проблема, – вступил в беседу Физик, – Во всем мире в помещениях для выращивания поросят на свинофермах поддерживают температуру 27°C, считают, что если будет меньше, поросята начнут простуживаться. Наши биологи решили проверить, так ли это. И мы для них сконструировали специальный выключатель, с помощью которого поросята своими пяточками могли сами включать и выключать нагреватель. У них довольно скоро выработался соответствующий рефлекс, и они стали сами регулировать температуру в помещении. Оказалось, что им жарко. Ночью они снижали температуру градусов на десять! Вдвое снизился расход электроэнергии, и расти они стали лучше!

– Вот бы у нас в классе такой регулятор поставили, – мечтательно произнес кто-то. – Как у поросят. А то либо в пальто сидишь, либо жарко – дышать нечем!

– Точно! А что – поросятам можно, а нам нет? – веселились ребята.

– Интересно, что не только поросята, но и вовсе бессловесные растения могут сами устанавливать подходящую температуру, освещенность, другие параметры, – сказал Изобретатель. – Советские биологи поставили вазон с растением на тележку, снабженную мотором. Растение облепили датчиками, реагирующими на малейшее движение листьев. С одной стороны поставили яркую лампу. Известно, что если растению мало света, его листья тянутся к нему, а если света избыток – от него. Эти слабые движения через датчики и усилители включали мотор тележки. И растение «катается», выбирая наилучшее место. Сразу выяснилось, что нужная растению доза света зависит от многих факторов, от времени суток, температуры воздуха, режима полива, подкормки и т. д. А росло это растение куда лучше неподвижных, обреченных получать света «сколько дадут». Одно такое растение может управлять освещенностью во всей теплице! Словом, если можно избавиться от измерений и перейти на прямое управление – отлично! – Но бывает, что данные измерения важны сами по себе, например при проведении научных исследований, – возразил Физик.

– Конечно, такие ситуации возможны, – ответил Изобретатель. – Этот случай в ТРИЗ предусмотрен.

Рекомендация 2. Если дана задача на измерение и нельзя ее перевести в задачу на изменение системы, целесообразно перевести ее в задачу на обнаружение.

Задача 29. Во время войны немцы применили магнитные мины, которые взрывались при прохождении над ними корабля, корпус которого всегда немного намагничен. Одну такую мину выловили, обезвредили и изучили, после чего советские физики под руководством И. В. Курчатова и А. П. Александрова создали специальные устройства для размагничивания кораблей. Благодаря им ни одно наше

судно не погибло от магнитных мин. В этой работе возникла проблема: как после размагничивания надежно убедиться, что размагничивание хорошее? К сожалению, даже самые точные измерительные устройства не давали гарантии, что судно не пострадает, не исключались ошибки. Как быть?

Ребята задумались. Тогда Изобретатель спросил:

– Какое испытание могло бы абсолютно надежно гарантировать, что корабль не взорвется?

– Для этого нужно провести испытание на настоящей мине. Только разве это возможно? А если плохо размагнитили?

– Тогда корабль подорвется. Конечно, так рисковать нельзя. Сформулируйте противоречие, которое у нас получается».

– Под кораблем должна быть мина, чтобы точно знать, что корабль размагничен, и не должна быть мина, чтобы не было риска взорваться.

– Нужна какая-то особая мина, – рассуждали ребята. – Да это же просто! Ведь в условии задачи было сказано, что наши моряки отловили и обезвредили вражескую мину! Вот такую мину без взрывчатки нужно опустить на дно и провести над ней корабль. Если не сработает, значит – все в порядке!

– А если корабль все-таки недостаточно размагничен? Как это узнать? – Так ясно же. Раньше сигналом недостаточного размагничивания был взрыв, а теперь – звук сирены, например!

– Вот видите, вместо того, чтобы измерять остаточное намагничивание, то есть очень малые значения, а значит, и с большой погрешностью, перешли к обнаружению критической величины – намагничивания, при котором происходит срабатывание мины, – отметил Изобретатель.

– Хорошо, действительно, обнаружение всегда проще измерения, но ведь бывает, что нужно знать и точную величину, – снова возразил Физик. – Любое, даже сверхточное измерение ведется с определенной точностью. Например, для обычной школьной линейки эта точность – половина деления. Это значит, что если мы говорим, что длина какого-то объекта равна 10 мм, то на самом деле эта длина находится в пределах $10 \pm 0,5$ мм. Поэтому вовсе нет необходимости измерять ее точно, а достаточно определить, попадает ли она в интервал 9,5—10,5 мм. Если попала – смело можно писать – 10 мм. Так что любое измерение можно заменить двумя обнаружениями: если $x > a$, $x < b$ и $a < b$, значит, x находится между a и b . Кроме того, в измерительных системах есть интересное свойство: чем больше мы знаем об измеряемом объекте в целом, тем меньше нам нужна информации, чтобы поставить диагноз. Например, такую болезнь, как диабет, раньше довольно трудно было распознать, приходилось учитывать множество признаков, часть из которых характерна и для других болезней. Но сегодня можно диагностировать диабет по одной характеристике – количеству сахара в крови. Благодаря тому, что мы много узнали об этой болезни, сложное обследование заменено простым анализом.

– Вот какой случай был в моей изобретательской практике. Мы определяли допустимые температуры для одной радиосхемы. Ее помещали в горячий термостат, предварительно облепив в разных местах термопарами. Несколько приборов записывали изменение температуры по данным термопар. Данные эти

расшифровывали и определяли самое горячее место на схеме. Но из-за сложности измерений точность их была невысока, тем более что в каждую точку схемы термопару не поставишь. И тогда мы выкинули все термопары и достали термокраску – она меняет необратимо свой цвет в зависимости от температуры. Покрыли ею плату – и в печь. Теперь мы точно узнали самое горячее место на схеме и больше всю ее не красили – ставили точку в этом месте. Если изготавливать такие схемы большими партиями, можно на основании полученных данных так отладить режим нагрева, что и точку ставить не понадобится: конвейер внесет схему на точно определенное время в нагретую до заданной температуры зону и точная температура нагрева платы обеспечена.

– Рекомендации хорошие, – согласился Физик. – Но я думаю, веполь и здесь должны помогать.

– Да, и в случае, когда что-то нужно измерить, обнаружить, а в системе нет ничего подходящего для этого, нужно достроить измерительный веполь. Чаще всего это делают, вводя вещество B_2 , связанное с измеряемым B_1 , с одной стороны, и с легкообнаруживаемым полем Π , с другой. Например, ферромагнитный порошок связан с магнитным полем, а светящееся вещество – люминофор – с электромагнитным (оптическим). Иногда B_2 само поле не создает, а только помогает обнаружить поле, которое есть в системе. Схематически это выглядит так:

Задача 30. ...Резина совершенно «лысая»? Да какая же она лысая! Совершенно новенькая покрышка, на той неделе только поставил, – спорит шофер с автоинспектором. Как объективно и четко определить, сносился протектор на шине или нет?

– Допустим, B_1 – это шина. Нужно ввести B_2 с каким-то полем. Наверное, нужно перебрать поля по МАТХЭМ?

– В принципе можно. Но лучше начинать с других полей – тех, которые легко обнаруживаются с помощью органов чувств человека, без специальных приборов. О каких органах чувств идет речь?

– Зрение, слух. – Хорошо, с помощью зрения можно определить цвет, свечение, фактуру поверхности, другие особенности, на слух – разные звуки, высоту (частоту) звуков, их последовательность. А еще какие органы чувств у человека?

– Еще запах, вкус, но они, наверное, не подходят.

– Почему же? Есть отрасли промышленности, где без них не обойтись, например парфюмерная, табачная, пищевая промышленность! Там продукцию проверяют и на запах, и на вкус. Да и осязание не простаивает – можно чувствовать вибрации, толчки, разные рельефы.

– В ухо, в брюхо, в нос и в глаз! – это выкрикнул мальчик с задней парты.

– Что, что?

– Есть такие детские стихи Маршака, кажется, о том, как папа с сыном гуляли, и там сказано:

А потом стреляли в тире

В леопарда десять раз.

Папа шесть, а я – четыре.

В ухо, в брюхо, в нос и в глаз!

Получается, что здесь все измерительные поля перечислены, а запомнить очень легко.

– Отлично. Давайте будем пользоваться, но не забывайте, что, конечно, больше всего информации человек получает через зрение – почти 90%. Так как же с нашей шиной?

– Нужно, чтобы когда шина сносилась, это было очевидно и не нужно было спорить.

– А как это сделать? – Заложить в нее заранее что-то. Когда шина сотрется, оно будет всем хорошо видно.

– Красную тряпку заложить! Тогда не спутаешь.

– Ну что же, решение хорошее. Только, конечно, никто тряпки в шины закладывать не будет, просто при изготовлении закладывают слой красной резины. Как появилось красное – никаких споров!

Задача 31. При подготовке к подземным взрывам сначала бурят скважину, потом взрывают в ней небольшой заряд – получается круглая подземная полость. Потом ее заполняют взрывчаткой и производят основной взрыв. Но перед этим необходимо промерить размеры полученной полости. Для этой цели разработали сложную телевизионную систему, которую опускали в полость, и по полученному изображению на экране определяли размеры. Система получилась дорогой и ненадежной. Как быть?

– Есть V_1 – стенки полости. Нужно их «увидеть» без телевизора. Достраиваем веполь – вводим V_2 и поле П.

– Хорошо. Как будем выбирать поле? – Полость в земле, так что на органы чувств надеяться нельзя. Не увидеть, не услышать...

– Тогда МАТХЭМ? – Давайте. – Через слой земли могут пройти только колебания и магнитное поле. Но по колебаниям измерять размеры сложно.

– А с магнитным как? Полость-то немагнитная!

– А про V_2 забыли? Можно ввести железный порошок! – Это им нужно все стенки полости облепить! Вот работка...

– Действительно, возникла новая задача. Как нанести порошок? – Нужно новый веполь строить! V_1 —железо, V_2 – стенки. Нужно поле, которое нанесет железо на стенки. Снова МАТХЭМ.

– Механическое поле...

– Постойте, ведь у нас механическое поле есть – это взрыв!

– Правильно, пусть взрыв и нанесет порошок на стенки!

– А зачем порошок? Просто заряд поместить в металлический стакан, после взрыва его осколки застрянут в стенке.

– Зачем стакан? Обыкновенная граната подойдет. Мы уже говорили о том, что поле в системе есть, но его трудно обнаружить. Практически любой процесс, происходящий в природе, в организме или в какой-то машине всегда чем-то дает о себе знать – шумом, изменением электрических или магнитных полей, другими

полями. Нужно уметь так достроить веполь, чтобы эти обычно слабые, плохо регистрируемые поля преобразовать в легко обнаружимые. Вот, например...

Задача 32. Подъезжает к элеватору машина с зерном. Нужно узнать, не заражено ли зерно вредителем – зерноедкой. Работа сложная: лаборант берет сотню зерен, раскладывает их и внимательно рассматривает, нет ли в них маленьких червячков или следов прогрызенных ими ходов. Как усовершенствовать проверку?

Строим веполь. V_1 – зерноедка. Есть и какое-то поле, характерное для зерноедки. Но какое? Тепловое? Нет, она холоднокровная. Механическое? Акустическое? Точно, звуковое! Ведь зерноедка грызет зерно? Значит, должен быть от этого шум!

– Так он же, наверное очень слабый! Разве его можно услышать?

– А микрофон на что? Звук можно усилить?

– Верно! Если поднести микрофон к зараженному зерну, а еще лучше засунуть его внутрь груды – по звуку можно опознать зерноедку. Интересно, что можно «подслушивать» даже такие звуки, как рост колоса или дерева, циркуляцию жидкости в них. И тогда можно определить, не нуждается ли растение в поливе, подкормке. По звуку можно определять и поломки машин. Сегодня очень быстро развивается специальное направление в дефектоскопии (определение дефектов материала) – так называемая акустическая эмиссия. Оказывается, любое воздействие на металл, приводящее к его деформации – сжатию, растяжению, изгибу, сопровождается излучением звуковых колебаний, которые можно использовать для диагностики металла. То же самое происходит при нагреве, протекании электрического тока, намагничивании и т. д. Только обнаружить эти звуки непросто – нужны специальные высокочувствительные датчики, способные «прослушивать» металл на любых частотах, усилители, преобразователи. Кроме того, полученные сигналы нужно расшифровывать, их ведь может быть очень много от разных источников. Здесь не обойтись пока без ЭВМ. Но давайте присмотримся внимательнее к вепольной группе.

Фактически мы имеем дело со схемой, подходящей для многих физических эффектов. Здесь большая роль отведена веществу-преобразователю. Помните, мы решали задачу с термокраской? Она тоже является веществом, преобразующим тепловое поле в оптическое.

– Кристалл кварца преобразует механическое поле в электрическое и наоборот! – подсказали ребята.

– А призма превращает белый свет в радугу! – Хорошо, что вспомнили про призму, – сказал Физик. – Мы в студенческом КБ еще такую задачу решали.

Задача 33. Нужно было придумать систему измерения температуры в цементной печи. Сначала взяли обычный оптический пирометр – прибор, позволяющий узнать температуру по цвету нагретого тела. Он устроен просто: спиральку нагревают электрическим током, наводят на огонь или нагретое тело и постепенно поднимают с помощью регулятора температуру, пока цвет спиральки не сольется с цветом тела.

Тогда температуру спиральки определяют по регулятору – она равна температуре в печи.

– Обратите внимание, – прервал его Изобретатель, – задача сводится к обнаружению момента совпадения вместо измерения температуры непосредственно.

– Да, но только вскоре выяснилось, что все это не годится – прибор измеряет температуру газового пламени, а нам нужна была температура шихты – материала, из которого получается цемент, а она всегда ниже. Тогда решили вместо пирометра воспользоваться спектрометром. Дело в том, что спектр нагретого твердого тела сплошной, цвета плавно переходят друг в друга и определяются температурой нагрева, а спектр газа, пламени всегда линейчатый – между цветными полосками черные. Оставалось только найти специальный фильтр, который «вырежет» участок сплошного спектра шихты в зоне, где нет линий газа. Эти фильтры оказалось очень трудно достать. Но мы все-таки их нашли.

– Я не совсем понял, в чем задача? В том, чтобы фильтры достать? Я их и искать бы не стал, – сказал Изобретатель.

– А как же вырезать нужный участок?

– Нужно с помощью призмы разложить свет – получится разноцветная полоска. А спектрометром нужно смотреть в том месте, где нет полос от пламени...

Физик, казалось, онемел.

– Вот жалость, – наконец сказал он со вздохом. – Знал бы ТРИЗ десять лет, назад...

ИГЗ: ХОЛОДНО... ТЕПЛЕЕ... ГОРЯЧО!

С чего же начать рассказ о тепловом поле? – задумался Изобретатель. – Оно ведь самое вездесущее. Не всегда есть электрическое или магнитное поле, может не быть никаких звуков или перемещений, но какая-то температура всегда есть. Впрочем нас интересует действие, работа, которую может совершать тепловое поле, а для этого должна существовать разность температур, ее изменение. Интересно, что получить эту разность можно самыми разными способами, ведь любое поле может переходить в тепловое, минуя промежуточные процессы! Решено. Начну с путей создания теплового поля.

Механическое поле человек освоил еще в древности, получая огонь трением или ударами камней друг о друга (высеканием). А нагрев с помощью аэродинамического трения – сравнительно новое изобретение. ПАП – печь аэродинамического подогрева – это замкнутая труба с размещенным внутри нее мощным вентилятором. Вся его механическая энергия превращается в тепло благодаря трению прогоняемого воздуха о стенки трубы и внутреннему трению. Такие печи обеспечивают равномерный нагрев.

Выделяется тепло и при сжатии газа. Этим эффектом воспользовался Рудольф Дизель при создании двигателя, названного потом его именем. Дизельный двигатель значительно проще других двигателей внутреннего сгорания: не требуется сложное устройство поджигания топлива, оно само вспыхивает, когда впрыскивается в цилиндр и соприкасается с воздухом, разогретым за счет сжатия поршня. Использование дизельных двигателей в танке Т-34 спасло жизнь тысячам советских танкистов, ведь топливом для него служит не легко воспламеняющийся бензин, пары которого проникали в кабину танка и часто взрывались при попадании снаряда, а гораздо более дешевая солярка, которая так просто не загорится.

С конца прошлого века дизель служит человеку. А совсем недавно появились химические реакторы сжатия, очень похожие на них. 10—20 раз в секунду поршень сжимает газовую смесь до давления в полторы сотни атмосфер, при этом на миг температура в реакторе поднимается свыше 2000 градусов. Происходят удивительные химические реакции, продукты которых выбрасываются из цилиндра обратным ходом поршня, и тут же цилиндр заполняется новыми реагентами. Эффективность такого «дизель-реактора» во много раз выше, чем обычных химических аппаратов.

Не нужно забывать и об «отрицательном» тепловом поле – холоде. Его тоже несложно получать с помощью механики. В тридцатых годах французский инженер-металлург Жорж Ранк исследовал циклонные сепараторы, предназначенные для очистки воздуха от пыли. Запыленный воздух в них закручивается, более тяжелая пыль отделяется и собирается в специальные улавливатели. При этом Ранк обнаружил странное явление: центральные слои газа, выходящего из циклона, имели температуру ниже, чем у исходного газа. На основе этого эффекта создана вихревая труба – один из

самых простых по своему устройству холодильных приборов. В небольшую трубку сбоку входит сжатый воздух. Воздушный поток сильно раскручивается. В центре расположена тонкая трубочка, отбирающая более холодный воздух, а широкая труба с другой стороны отбирает теплый. Вот и вся конструкция. Конечно, у реальных приборов она посложнее, там есть еще и регулирующие элементы. Но сама идея вихревой трубы удивительно проста! Почему же они еще не заменили наши обычные и довольно сложные холодильники? Потому, что коэффициент полезного действия у них пока меньше. Но в тех случаях, когда в первую очередь требуется безотказность и простота конструкции, а не энергетика (а таких немало), вихревая труба вне конкуренции. Самое интересное: до сих пор нет теории, удовлетворительно объясняющей природу эффекта Ранка. Последнюю строчку Изобретатель подчеркнул.

Акустическое поле: вибрации, колебания, звук – все это в конечном счете рассеивается в пространстве, превращается в тепло. А в холод? Нет, такие превращения неизвестны. Интересно, сколько тепла может дать звук? Изобретатель взглянул на висящие на стене акустические колонки стереопроигрывателя. Он никогда не включал их на полную мощность – 10 ватт. Слишком много для небольшой комнаты, можно оглохнуть. 10 ватт – это много? Если перевести в тепло, то окажется, что за час удастся с их помощью нагреть один литр воды всего лишь на 9 градусов – тоненькая свечка дает тепла в несколько раз больше.

Свечка – это уже химия. Горение – химическая экзотермическая реакция, то есть идущая с выделением тепла. Очень много разновидностей таких реакций. И ничуть не меньше реакций эндотермических с поглощением тепла.

Электрическое поле. Конечно, оно может греть: каждый видел электрическую плитку и утюг. По спирали идет электрический ток, нагревая ее. Видели и как плавит металл электрическая дуга при электросварке. Нагревом сопровождается прохождение по проводнику как переменного, так и постоянного тока. Греет электропроводные материалы и переменное магнитное поле, возбуждая в них вихревые токи. А если материал еще и магнитный, то к вихревым токам присоединяется и нагрев за счет потерь энергии на перемагничивание – поворот под действием магнитного поля отдельных микроскопических участков металла (доменов).

А можно ли с помощью электрического тока что-нибудь охладить? И не после многочисленных преобразований энергии, а напрямую?

Это явление открыл в 1834 году французский физик Ж. Пельтье. Пропуская ток через спай из двух разнородных металлов, он обнаружил, что в зависимости от направления тока спай может как нагреваться, так и охлаждаться. Сегодня установлено, что эффект Пельтье гораздо сильнее проявляется в полупроводниках. И хотя коэффициент полезного действия термоэлектрического холодильника невелик, во

многих случаях он отлично служит для охлаждения микроэлектронных устройств, лазеров, в космической технике, медицине. Такие холодильники устанавливают в музеях для обеспечения температурного режима хранения экспонатов. Созданы костюмы с термоэлектрическим охлаждением для рабочих горячих цехов, пожарных, летчиков, танкистов, водолазов и космонавтов.

А вот это что-то новенькое, – подумал Изобретатель, разглядывая небольшую записку. Оказывается, если к раскаленной детали, например к разогретому в процессе работы шлифовальному кругу, подать высокий потенциал, то она станет быстро охлаждаться. При перемене полярности охлаждение замедляется. Таким образом можно управлять скоростью охлаждения детали. Явление это еще недостаточно изучено. Можно предполагать, что дело здесь в изменении свойств пограничного с деталью слоя воздуха под действием электрического поля.

Еще удивительнее охлаждающее действие магнитного поля. Сегодня благодаря ему получают сверхнизкие температуры, всего на сотые доли градуса не достигающие температуры абсолютного нуля. Между полюсами мощного включенного электромагнита помещают криостат – сосуд с многослойными теплоизоляционными стенками. В сосуде находится вещество, обладающее парамагнетизмом – свойством очень слабо (в сотни раз слабее, чем обыкновенные ферромагнетики) намагничиваться во внешнем магнитном поле. Сначала криостат охлаждают обычными способами: закачивают в него жидкий гелий, затем откачивают пары гелия до очень низкого давления, гелий продолжает испаряться и от этого дополнительно охлаждается. И вот когда возможности обычных способов исчерпаны и температура больше не понижается, выключают электромагнит. Парамагнитное вещество размагничивается, поглощая при этом энергию, значит, происходит дальнейшее охлаждение.

Волшебное слово «МАТХЭМ» помогает получить самые разные температуры. А вот как их измерить? И здесь оно приходит на помощь. Механика – это перемещение столбика жидкости в термометре, изгиб биметаллической пластинки, состоящей из двух слоев материалов, по-разному расширяющихся при нагреве. Зависимость ряда акустических параметров материалов от температуры позволяет и акустическое поле приспособлять для ее измерения. И само тепловое поле дает знать о себе. Уезжает человек в командировку и хочет узнать, не отключался ли в его отсутствие холодильник. Вариантов много: ледяной столбик, который растает при выключении холода; будильник, заводная ручка которого заморожена в ванночку со льдом (пока холодильник работает, будильник стоит, если лед растаял – начинает идти).

Электрическое поле может «сообщать» о температуре множеством различных способов, например, с помощью термопар, напряжение на выходе которых пропорционально разности температур между спаями. Или с помощью термометров

сопротивления, в которых используется зависимость электрического сопротивления проводника от температуры.

Магнитное поле тоже неплохо «чувствует» температуру благодаря нескольким физическим эффектам. Вот сосуд с жидкостью. Температура жидкости растет, и когда она достигнет определенной величины, показывается поплавок с надписью «Температура выше допустимой!». Теперь жидкость можно охлаждать, но поплавок уже не утонет. В чем дело? Секрет прост: он был прикреплен к стальному дну сосуда с помощью магнита, при заданной температуре магнит свои магнитные свойства потерял и отпустил поплавок. Этот эффект – исчезновение магнитных свойств при определенной температуре – открыл великий французский физик Пьер Кюри, а температура, при которой это происходит, названа «точкой Кюри». Точка Кюри может быть самой разной, в зависимости от выбранного сплава: от десятков до тысяч градусов. А англичанин Джон Гопкинсон обнаружил, что вблизи точки Кюри, перед исчезновением магнитных свойств, магнитная проницаемость вещества сначала резко увеличивается, а потом быстро падает. Эффект Гопкинсона позволяет измерять температуру с большей точностью. А еще более точно это делать можно с помощью эффекта Баркгаузена. Оказывается, изменение магнитной проницаемости происходит не постепенно, а микроскопическими скачками, вызываемыми поворотом доменов. Подсчитывая количество «скачков» Баркгаузена, можно очень точно измерять температуру ферромагнитных тел.

Требования к повышению точности измерения температуры все возрастают. И вот уже объединяются два способа измерения: обычная биметаллическая пластинка свернута почти в кольцо. Она чутко реагирует на изменения температуры движением своих концов, вот только заметить это движение очень трудно. Но этого и не нужно делать: на концах пластинки намотаны две электрические обмотки, в одной из которых создается переменное магнитное поле, а в другой – измеряют индуцированное напряжение. При самом незначительном изменении положения концов пластинки резко меняется ток во второй катушечке, и это изменение легко фиксируется.

А как же измеряли температуру в древности, когда никаких приборов для этого просто не существовало? Как закаливали дамасскую (булатную) сталь? Ведь для этого требовалось довольно точно выдерживать температурный режим!

Пожилые опытные термисты – специалисты по термической обработке стали – часто даже не смотрят на висящие перед печами термомпары. Гораздо больше может рассказать о происходящем в печи сама сталь, цвет ее каления. Если он ярко-белый, значит, температура около 1300 градусов; темно-вишневый – около 750; темно-коричневый, свечение почти пропадает – 550 градусов. А если температура ниже? Изобретатель пошел на кухню и, зажав в плоскогубцах обычный гвоздь, стал нагревать его в пламени газовой горелки. Когда гвоздь остыл, на его прежде блестящей поверхности показалась радуга: от соломенно-желтоватого (220 градусов)

до светло-серого (350 градусов) цвета. А между ними золотистая, пурпурная, фиолетовая, синяя полосы. По этим цветам, возникающим из-за окисления поверхности металла (их называют «цветами побежалости»), опытный мастер определит температуру, до которой была нагрета стальная деталь.

Задача 34. В лаборатории проводили исследования нового сплава. Образец нагревали в печи до определенной температуры и после остывания изучали под микроскопом. Следующий образец нагревали на градус больше и т. д. Нужны сотни образцов, долгая работа. Нельзя ли провести исследования проще и быстрее?

Задача 35. Реактивный двигатель, отработав свой ресурс в воздухе, еще вполне может работать на земле, где случайный отказ в работе не чреват аварией. Например, реактивная струя отлично сдувает с летной полосы снег, А вот со льдом труднее, он прочно сцеплен с бетоном.. Как быть?

В ГОСТЯХ У ИЗОБРЕТАТЕЛЯ

Физик разглядывал полки с книгами и различными папками, закрывшие почти все стены в небольшой комнате Изобретателя. Несколько полок были заняты не очень аккуратно переплетенными томами большого формата.

– Это я так храню интересные вырезки из газет и журналов, – сказал Изобретатель. – Они распределены по тематике, пронумерованы. А короткие информации у меня на карточках. – Изобретатель показал на картонные ящички картотеки. – Здесь тысяч десять «красивых» изобретений, 15 лет собирал. Вот с этими материалами я сейчас больше всего работаю. – Изобретатель снял несколько папок. – Это Указатель физических эффектов и явлений для изобретателя, его разработал еще в семидесятых годах бакинский физик Ю. В. Горин. Это работы коллег по ТРИЗ, присланные в разные годы. Вот очень интересная работа И. Л. Викентьева, ленинградского инженера, по использованию в изобретательстве геометрических форм.

– Вы и биологией интересуетесь? – спросил Физик, увидев несколько полок с книгами по биологии.

– Да, и еще искусствоведением, литературоведением, – ответил Изобретатель. – Моя исследовательская работа в ТРИЗ – поиск закономерностей развития, эволюции технических систем. Но развитие есть в первую очередь в живом мире, как и везде оно подчиняется общим законам диалектики. Должно быть что-то общее в развитии живого мира и техники. Биологи-эволюционисты, например, знают об эволюции очень многое, полезное и технарю. Кстати, и им может пригодиться то, что накоплено в ТРИЗ. В искусствоведении нет, конечно, такого стройного учения, как эволюционное, но и там есть находки, хорошие примеры развития.

– А фантастика? Для развлечения или тоже профессиональное?

– Даже само название – фантастика – говорит о том, что эта литература развивает фантазию, воображение. Хорошая фантастика заставляет думать. А кроме того, там полно задач. Понимаете, почти каждый рассказ – некая необычная ситуация, из которой нужно найти выход, настоящая изобретательская задача!

– Я тоже люблю фантастику, – признался Физик. – Только мои коллеги всегда надо мной подсмеиваются, намекая, что это несерьезное занятие.

– И совершенно зря! Ведь многие физические эффекты можно показать на примерах из фантастики. Ребятам это было бы необыкновенно интересно.

– Наверное, вы правы, – отвечал Физик, перебирая книги на полке. – А это что? Неужели вам нравится... – Физик замялся, подбирая подходящее слово. – У вас здесь хорошие книги, а вот Казанцев...

– Да, тут у меня есть несколько образцов плохой фантастики, специально держу, – засмеялся Изобретатель. – Я научился их тоже использовать. Например, даю ребятам в секции РТВ задание проанализировать рассказ А. Казанцева или В. Немцева и найти способ его улучшить. Но я хотел бы узнать, что вы думаете об использовании ТРИЗ в школе.

– Я прочел книги по ТРИЗ, которые вы мне давали. Пожалуй, я ваш союзник. Хотя, конечно, многое мне еще не ясно. Например, плохо представляю, как использовать методику решения исследовательских задач, описанную здесь, – Физик

раскрыл книгу «Месяц под звездами фантазии». – Может быть, при проблемном обучении? Мы как-то начинали говорить на эту тему.

– Да, конечно, тот разговор нужно продолжить. Понимаете, с позиций ТРИЗ с проблемным обучением тоже проблема. По сути дела ученик пытается, как слепой котенок, решить сложную для него задачу перебором вариантов. А нужно учить правильному мышлению.

– Вы не правы. Учитель задает ученику наводящие вопросы, направляет его.

– Но куда, позвольте спросить?

– Как куда? Конечно, к решению. Ведь учителю ответ известен.

– Вот в этом и беда! Знает и направляет каждый раз, исходя не из общих правил, соображений, а из конкретной задачи, каждый раз другой! А если бы не знал учитель ответа, мог бы направлять?

– Конечно, нет! Разве можно направлять, не зная дороги! – ответил Физик и тут же задумался. – Хотя... Впрочем... Я читал в нашей книге про идеальность. ТРИЗ направляет в сторону ее повышения, а это верное направление независимо от решаемой задачи. Послушайте, получается, что проблемное обучение можно построить на базе ТРИЗ! Правда, я думаю, что и обычное проблемное обучение полезно. Ребятам нравится, они живее на уроках. И потом, у них постепенно вырабатывается что-то такое... интуиция, что ли... Они начинают находить решения быстрее, с меньшим перебором.

– Последнее вполне возможно. Как вы думаете, что такое интуиция? – спросил Изобретатель и, не дождавшись ответа, потянулся за энциклопедическим словарем. – «Интуиция... – способность постижения истины путем непосредственного ее усмотрения, без основания при помощи доказательства...» – прочитал он. – Понятнее некуда, – усмехнулся он и раскрыл философский энциклопедический словарь. Здесь об интуиции написано было подробнее. Француз Анри Бергсон, один из создателей философского интуитивизма, считал, что интуиция – инстинкт, определяющий поведение организма непосредственно, без обучения. Зигмунд Фрейд, создатель психоанализа, считал, что интуиция – «скрытый, бессознательный первопринцип творчества». Были и определения типа «божественное откровение», «бессознательный процесс, несовместимый с логикой и жизненной практикой». В конце статьи написано: «Интуиция представляет собой своеобразный тип мышления, когда отдельные звенья процесса мышления проносятся в сознании более или менее бессознательно, а предельно ясно осознается именно итог мысли – истина...» – Пожалуй, это хорошее определение, – сказал Физик, – «итог мысли – истина!»

– Или заблуждение, – добавил Изобретатель. – Гарантии нет. Но в принципе с этим можно согласиться. Вот только поможет ли вам это определение воспитать интуицию в себе?

– Но определение вовсе не должно это делать, оно...

– Оно не инструментально, к сожалению. И, значит, бесполезно. Давайте попробуем сами сформулировать, что такое интуиция.

– Хотите быть умнее энциклопедического словаря? – пошутил Физик.

– Мы не умнее, но у нас есть метод, – неожиданно серьезно ответил Изобретатель. – Он заключается в отборе и анализе «патентного фонда» с целью выявления закономерностей. Так создавалась ТРИЗ, так можно искать закономерности

в любой области человеческой деятельности. «Патентный фонд» в нашем случае – это описания творческой деятельности разных людей. Вот, например, – Изобретатель снял с полки самодельно переплетенный том с надписью «Творцы и методы творчества», стал его листать и зачитывать.

...Приехал как-то А. Н. Туполев на завод, увидел в сборочном цехе готовую к испытаниям опытную машину другого конструктора и сказал: «Не полетит!» И она не взлетела... Увидел какой-то агрегат – часть самолета, которую должны были испытывать на прочность в лаборатории, и заявил вопреки расчетам: «Сломается здесь!» И сломалась...

Таких рассказов-легенд известно немало и про Туполева, про других ученых, инженеров. Безусловно, они отражают реальные события, когда срабатывала эта самая интуиция – «усмотрение истины путем непосредственного созерцания...». Но скажите, была ли какая-то закономерность в том, что тот самолет не полетел? Ведь, наверное, он чем-то отличался от тех, которые полетели?

– Конечно, отличие было, только никто его не замечал.

– А почему же Туполев увидел?

– Как-то понял, осознал... Может быть, он эту закономерность знал? Что полетит, а что – нет?

– Но тогда почему же он всем не рассказал про эту закономерность, не объяснил? Держал в тайне секрет?

– Да нет, скорее он не мог ее сформулировать словами, просто чувствовал.

– Держите! – вдруг воскликнул Изобретатель, кидая Фиикку какой-то предмет. Тот автоматически поймал теннисный мячик и удивленно посмотрел на Изобретателя.

– Объясните, пожалуйста, как вам удалось за секунду рассчитать полет мячика и движение своих рук, чтобы они встретились в нужный момент? – спросил Изобретатель.

– Да ничего я не рассчитывал, просто угадал.

– А кто научил вас так здорово «угадывать»? Или это врожденное умение?

– Насколько я знаю, не врожденное. Ребенок с детства учится координации своих движений. Первые его попытки неуклюжи, а постепенно приходит точность. А в принципе это – сложнейшая вещь. Если бы потребовалось такое действие рассчитать для робота, то пришлось бы делать серьезную программу, – сказал Физик.

– Вот в этом-то и штука, – задумчиво произнес Изобретатель, подбрасывая и ловя мячик. – Самый удивительный этап жизни ребенка – его первые годы. Вот мы с вами учили иностранный язык. У нас были учителя, учебники, нам помогало знание родного языка. А ребенок, учась говорить, выполняет эту огромную работу без всякой помощи – пока он не научился говорить, мы ему ничего объяснить не можем. И он сам следит за нашим поведением и речью, устанавливает связи между словами и предметами, учится обобщению. Ведь не так просто понять, что совершенно разные предметы – стол журнальный, кухонный, письменный – это все называется одним и тем же словом. И так для каждого предмета, для каждого слова! Весь первый период жизни ребенок только и делает, что устанавливает для себя массу разных закономерностей: лингвистических, психологических (утром мама бывает сердита, а сосед Колька отбирает игрушки), физических (если наклонишься – упадешь, горячее

жжется...), географических (возле дома – магазин, другие дома), биологических (голубя никак нельзя догнать, он улетает)...

Но через некоторое время мир вокруг ребенка меняется. Многие из окружающего становятся понятными, все меньше закономерностей приходится открывать. Появляется новый инструмент – речь, язык. И ребенок делает еще одно открытие: оказывается, гораздо проще о чем-то спросить, узнать у взрослых в словесной форме, чем трудиться над познанием самому. Необходимость творчества стремительно падает. Дом уже изучен, ничего в нем нового не осталось, разве что ящик в папином столе, куда лазить категорически запрещается. Вблизи дома тоже все известно, а за магазин ходить нельзя. Всех мальчишек и девчонок своего двора он уже знает, а с чужими дружить запрещают. Мир близкий понят, а дальний огорожен забором запретов и ограничений. В ответ на свои вопросы чаще всего слышит «Отстань! Вырастешь – узнаешь!» Бывают, конечно, терпеливые родители, которые хотят, чтобы ребенок развивался, но здесь грозит другая крайность: слишком подробный ответ снимает новые вопросы.

– Ну, знаете, вас не поймешь. Не отвечать на вопросы плохо, и отвечать тоже. Тупик какой-то! – не выдержал Физик.

– Почему же тупик? Противоречие! И оно может быть разрешено. Я, конечно, не претендую на истину в последней инстанции, но думаю, что и здесь есть выход. Например, отвечать подробно, но так, чтобы ответ не был исчерпывающим, чтобы вместо одного вопроса перед малышом вставали несколько новых. Может быть, полезно употреблять неизвестные ему слова, давать таинственные объяснения, превратить в игру. Дети очень любят необычное, сказочное. Много фантазируют. А мы сердимся: «Тебе уже десять лет, а ты сказки читаешь!» или «Не смей придумывать! Надоели твои фантазии!» Нам хочется, чтобы ребенок рассуждал так, как мы – рационально, логично. И мы постепенно «задавливаем» его детское мышление – умение находить и пользоваться закономерностями, не выраженными в словах. А что это как не интуиция?

– Но ученые исследовали детское мышление. Швейцарский психолог Жан Пиаже считал, что детское мышление – несовершенное, допонятийное, – возразил Физик.

– Так считают большинство психологов. Правда они успокаивают, что особенности детского мышления не являются жестко предопределенными возрастом, их преодоление может быть ускорено специально организованным обучением. Давайте только посмотрим, что мы будем одолевать, какие недостатки выявили психологи у мышления детей, и сопоставим их с особенностями творческого мышления, которое мы пытаемся создать у взрослых с таким трудом, обучая их ТРИЗ. Например, психолог Р. М. Грановская пишет, что основной дефект понимания – нечувствительность к противоречию. А мы стараемся приучить взрослых спокойно относиться к противоречиям, не бояться их, понимать, что они неизбежны как движущая сила всяческого развития, а умение с ними «работать» – важнейшая составляющая творческого мышления.

– Знаете, действительно очень непросто привыкнуть к тому, что противоречие – это еще не конец, что его можно разрешить, – смущенно засмеялся Физик. – Для меня это была главная трудность при чтении книг по ТРИЗ. Неужели дети не боятся противоречий?

– Только очень маленькие, лет до трех. А пятилетние уже «заразились» от нас страхом, даже плачут, сталкиваясь с противоречиями. А вот еще один «дефект» – он называется «синкретизм» – стремление связывать все со всем. Дети верят, что луна влияет на ночные сны, что плохое поведение может вызвать дождь. Конечно, это несерьезно, но вторым важнейшим признаком творческого мышления является системный подход, умение видеть разные явления и предметы в связи, во взаимодействии. Вы преподаете физику, ваш коллега – химию, другой – геометрию. А мне, инженеру, для того, чтобы решить задачу, сконструировать машину, нужны эти знания не в отдельности, а в едином комплексе, включающем кроме упомянутых еще десяток других наук. Сначала отучаем ребенка связывать луну со снами (кстати какая-то связь наверняка есть), приучаем к ограниченному, несистемному мышлению, а потом, лет через двадцать, настаиваем, что творчески мыслить нужно системно. – Изобретатель перевернул несколько страниц. – Вот еще цитата: «Дети каждого возраста играют по-разному. До полутора лет ребенок, потерпев неудачу в игровой задаче, обычно не пытается решить ее иначе, не ищет новых средств, ведущих к достижению прежней цели, а меняет саму задачу». Я очень уважаю в людях упорство в достижении цели, но умение изменить задачу – едва ли не главная составляющая успеха при решении практических изобретательских задач с помощью ТРИЗ.

– Но какой же смысл решать не ту задачу, которую вам поставили, а другую? – удивился Физик.

– Я вам лучше на примере из своей практики объясню, – ответил Изобретатель. – Помните, я давал ребятам задачу усовершенствовать отмывку электролизной меди от электролита?

– Помню. Ребята тогда предложили несколько интересных решений.

– Ну вот. А теперь зададим, как рекомендует ТРИЗ, себе вопрос: «А зачем нужно мыть эту медь?»

– Как же? Ведь она грязная! – Это в вас психологическая инерция говорит: раз грязная, значит, нужно мыть. Но ведь есть по крайней мере еще один путь производить чистую медь.

– Какой?

– Не пачкать! Найти способ так изменить технологический процесс, чтобы листы меди не нужно было мыть.

– Наверное, если бы это было возможно, специалисты сами додумались бы до этого.

– Давайте вспомним задачу. Отмывать медь приходилось потому, что в поры рыхловатой меди попадал электролит. Допустим, мыть медь нам категорически запрещено. Что тогда делать?

– Может быть, можно как-то избавиться от пор?

– Можно, если уменьшить электролизный ток.

– Если я правильно понял, этого нельзя делать – упадет производительность изготовления меди.

– Вот и специалисты решили, что нельзя, и взялись за задачу, как лучше отмывать. А, собственно, почему нельзя? – Но... Кажется, я понимаю... Это просто противоречие!

– Конечно! Если ток большой, то процесс идет быстро, но образуются ненужные поры, а если ток маленький, то поры не образуются, но процесс идет медленно.

– Ток должен быть большим, чтобы производительность была высокой, и должен быть малым, чтобы не было пор.

– Вы прекрасно сформулировали физическое противоречие. А как его разрешить?

– Во времени или в пространстве... В какое-то время ток большой, а в другое – малый... Все ясно! – обрадовался Физик. – Это же просто! Нужно весь процесс вести на большом токе, а в самом конце перейти на малый. Все поры закроются, электролит не сможет пачкать медь.

– Совершенно верно. Когда я предложил специалистам это решение, они никак в себя не могли придти. С одной стороны, конечно, радовались. Еще бы! Мало того, что медь получалась нужного качества, еще можно ликвидировать участок отмывки! Это же какая экономия! А с другой стороны, им было обидно, что сами до такой простой вещи не дошли. А всего-то нужно было изменить задачу.

– Знаете, я по этому случаю анекдот вспомнил, – сказал Физик. – Представляете, вдоль берега Темзы прогуливаются два джентльмена. И слышат «Спасите!» Оказывается, тонет ребенок. Не раздумывая, один прыгает в воду, плывет к мальчику, доставляет его к берегу и передает второму. Только собирается вылезть из воды, как снова детский крик о помощи. Естественно, спасают и этого ребенка. А потом снова «Спасите!». Тут второй джентльмен неожиданно надевает шляпу, поворачивается и уходит. «Куда же вы? – кричит первый. – Надо спасать детей!» «Вы тут пока сами спасайте, – невозмутимо отвечает ему второй. – А я пойду посмотрю, кто их в воду бросает...»

– Отличный анекдот! – захохотал Изобретатель, – и в самую точку! Но о чем мы говорили? – спросил он, отсмеявшись.

– О детском мышлении.

– Ну да. Так как, убедил я вас в том, что в детском мышлении и в творческом подходе к решению задач много общего?

– Получается, что если детей ничему не учить, тогда из них выйдут гениальные изобретатели? – не сдавался Физик.

– Этого я не утверждал. Детское допонятийное мышление помогает творческому решению задач, но наша жизнь не состоит только из одного творчества. Для нормального существования в человеческом обществе нужно овладеть и обычным человеческим мышлением, основанным на формальной логике. И главная задача, которую сегодня не ясно даже как решать, в том, чтобы воспитывать у детей формально-логическое мышление, не убивая детское, допонятийное.

– Все-таки странно получается, – сказал Физик.

– Всегда считали, что интуиция – принадлежность гения, верх мыслительных способностей, а выходит, что это какая-то детская форма мышления.

– Я подозреваю, что дело обстоит еще обиднее, – улыбнулся Изобретатель.

– Умение пользоваться не выраженными в словах закономерностями у людей называют интуицией. Те же способности у животных называют условным рефлексом. Что такое рефлекс? Собака после ряда опытов устанавливает связь, закономерность: когда красный свет – дают есть, когда звонок – дергают током. И она использует эту выявленную закономерность, разумеется, в рамках опыта. Животные могут подмечать и закономерности довольно сложные, выраженные не столь ясно. Я читал про такой опыт: в домике, где жили крысы, было два коридора. В каждом из них могла оказаться

либо пища, либо неприятность – удар током. Но в одном коридоре пищу подавали несколько чаще, чем ток, а в другом – наоборот. И крысы довольно скоро стали бегать только в более «благополучный» коридор. Но я совсем не хочу обидеть гениев. Те, кто сумели сохранить творческое мышление после всех школьно-институтских, кандидатских, докторских мук, – достойны восхищения.

– А чем плоха старая теория о том, что гениальные способности predetermined генетически? Или, допустим, задатки этих способностей?

– Во-первых, это пока принципиально не проверяемо. Судят как: раз получился гений, значит, были задатки. Роятся в биографии, находят подтверждения. А таких подтверждений у многих хоть отбавляй, но никто ими не интересуется – не гении. Но это не главное. Главное – какие выводы следуют из той или иной позиции. Если считать что талант – от рождения, то делать нечего, остается только сидеть и ждать, пока эти таланты появятся. А потом выкрикнуть «Алло, мы ищем таланты!». Пассивная позиция. А ведь известны школы, из которых таланты выходили подряд, как на потоке: школа Резерфорда, Иоффе, Бора... Что они, хорошо искали? Скорее хорошо учили. Наша позиция – таланты можно и нужно создавать. Нужно только найти методы, отработать приемы. Я, собственно, за этим и пошел в вашу школу.

– Значит, по-вашему, все люди обладают одинаковыми задатками творческих способностей, независимо от генов?

– Не совсем. Люди все-таки разные. Один вырос под два метра, в другом, как говорится, метр с кепкой. Но отклонения в физическом развитии относительно невелики, $\pm 50\%$ приблизительно. А в интеллекте различие в тысячи раз! Почему? Может быть, врожденные отличия в интеллекте тоже где-то на уровне 50%, а остальное – результат воспитания, обучения, образа жизни? А раз так, то можно миллионы людей вывести в гении, если правильно воспитывать.

– Есть такой учитель, Борис Павлович Никитин, – начал Физик. – Я слышал. Он закаливает своих детей, они у него зимой босиком бегают.

– Удивительная закономерность, – усмехнулся Физик, – все слышали о том, что дети Никитина бегают босиком, и считают это главным. А на самом деле это второстепенное, хотя физическая закалка, конечно, необходима. Главная работа Никитина – воспитание интеллекта.

– К сожалению, так очень часто бывает и в нашем деле. Человек придумает что-то очень важное, новое. А принимают какие-то частности, то, что легче понять, использовать.

– Так вот, – продолжал учитель, – Никитин выделил два вида человеческих навыков: исполнительские и творческие. И показал, что у них разный характер роста. Исполнительские способности растут сначала быстро, а потом рост замедляется и уровень способностей стремится к некоторому предельному значению – рекорду. Причем рекорд не так уж сильно отличается от средних возможностей человека. Например, сегодня рекорд на стометровке чуть меньше десяти секунд, его добиваются спортсмены, отдающие все силы спорту. А за 15 секунд стометровку пробегают миллионы людей. Творческие же навыки сначала растут медленно, но предела их развитию нет, и различие может быть в тысячи раз. Характер кривой очень зависит от того, когда человек начал заниматься данным творческим делом. Если вовремя, то

кривая растет очень круто, а если позднее – более полого. Причем оптимальный возраст очень ранний – до трех лет.

– Значит, мне уже поздно учиться музыке? – усмехнулся Изобретатель. – Конечно, время упущено, но не безнадежно. Никитин говорит, что есть гении «от бога» – те, кто начали заниматься своим делом вовремя, им все давалось легко, играючи. А есть гении «от себя» – это те, которые опоздали, но потом очень много, трудно работали и все-таки добились. Можно «перескочить» на другую кривую, но для этого требуется фанатичная работа. Правда, и гений «от бога» не состоится, если не будет много работать – растеряет все преимущества раннего старта.

– Все же я думаю, что оптимального возраста для развития способностей творческих способностей нет. Просто нужно начинать как можно раньше. Эдисон, Микулин творили в детстве не потому, что были талантливы, а потому стали талантливы, что творили в детстве. Помните, я говорил о допонятийном мышлении? Начав рано, мы «захватываем» тот прекрасный период, когда ребенок еще творческая личность, когда он еще не знает, что такое зубрежка.

– Ну хорошо. Допустим, мы научимся сохранять творческие способности детей, – сказал Физик. – А зачем тогда ТРИЗ?

– Детское мышление – это только база для настоящего творческого мышления. Ребенок не боится противоречий? Хорошо! Но приемов их разрешения он не знает да и формулировать не умеет! И недостатков у обычной интуиции масса. Во-первых, интуитивное знание невозможно передать другим, каждый вынужден находить, его сам, а это страшная растрата сил. Во-вторых, интуитивно познанные закономерности близки к истине в областях, где есть масса однотипных примеров, многое повторяется. Например, каждому многократно приходилось наблюдать полет камня, мяча – легко установить закономерность. А в областях, где примеров мало – непредставительная выборка, как говорят статистики, интуитивное знание может здорово подвести. Например, обидел однажды черноглазый мальчишка, потом второй, третий – готово интуитивное недоверие к черноглазым... Может быть, в этом причины расовых предрассудков. В-третьих, когда знание не оформлено в словах, формулах, цифрах, им трудно пользоваться, не всегда удастся применить. Ведь даже эти легенды про Туполева – исключения. Далек не всегда и Туполев мог предсказать результат испытаний, бывали и у него неожиданности.

– Я познакомился по этим книгам с основными закономерностями развития технических систем, на которых базируется ТРИЗ. И знаете, меня не покидало ощущение, что некоторые из них мне показались само собой разумеющимися, что ли... Как будто я и раньше их знал.

– Ничего удивительного. Ведь ТРИЗ – сконцентрированный опыт множества изобретателей, она переводит интуитивные изобретательские приемы в словесную форму. Отсюда ощущение узнавания и, как следствие, хорошее усвоение. У нас на семинаре как-то учился опытный изобретатель – за 30 лет работы сделал 25 изобретений. Неплохо, правда? Так вот, защищая выпускную работу, он сказал, что всегда пользовался идеальностью, но неосознанно. Просто представлял себе, как бы он решил задачу с помощью «волшебства». К этому приему он пришел интуитивно. Но после обучения на семинаре он за 10 лет получил еще свыше сотни авторских свидетельств! Потому что стал пользоваться приемом сознательно, да еще и другие

приемы освоил. Хотите, покажу наглядно, как интуитивные закономерности переводятся в словесные формулировки? Вы любите живопись?

– Да. Немного разбираюсь, – скромно ответил Физик.

– Отлично! – Изобретатель достал репродукцию и показал ему. – Как, по-вашему, что это за направление?

– Кажется, экспрессионизм. Или кубизм...

– А это?

– Это поп-арт.

– А вот это?

– Затрудняюсь...

– А теперь взгляните на эту таблицу, – Изобретатель протянул Физика небольшой лист бумаги, – может быть, она поможет разобраться? Физик внимательно рассматривал схему.

– Интересно. Я такой никогда не видел. Действительно, очень просто с ней работать. Можно вообще живописи не знать и правильно определить. Откуда она у вас?

– Ее разработал интересный человек – Л. Б. Наумов со своими сотрудниками. Эта таблица для демонстрации возможностей метода классификации. А вообще-то он врач, доктор медицинских наук, такие таблицы строит для диагностики разных заболеваний. С помощью его таблиц студенты-медики старших курсов ставят диагноз точнее, чем врачи, опыт работы которых больше, чем возраст студентов!

– Здорово! Как вы думаете, можно по принципу наумовских алгоритмов составить таблицу для решения физических задач?

– Не знаю. Попробуйте. Только учтите, что составление даже простенького алгоритма требует месяцев работы. Нужна проверка на множестве задач.

– Зато какой эффект может получиться! Вы разрешите перерисовать таблицу?

– Зачем? Возьмите, у меня еще экземпляр есть.

– Спасибо! – Физик аккуратно сложил листок и спрятал в карман. – Я вот что еще хотел спросить. Ваши утверждения о том, что гениальности можно научить, наверное, не все принимают без возражений?

– Конечно, – рассмеялся Изобретатель – Это ведь нормальное явление – не давать новому ходу. Новое многим мешает, требует что-то менять, а им и так хорошо... Нас, «тризовцев», тоже били, бьют и, надеюсь, еще будут. Вот если перестанут, тогда плохо, значит, дело перестало развиваться, новое исчезло. Вопросы, связанные с талантом, гениальностью, многих затрагивают, вызывают возмущение. Эти идеи неприемлемы для двух групп людей. Среди первых нередко выдающиеся личности, много сделавшие, добившиеся. Для них очень важно сознание собственной исключительности. Действительно, всю жизнь потратили, сделали сотни изобретений – а тут заявляют, что всему этому мальчишку можно научить! Один такой изобретатель ходил жаловаться на меня в разные инстанции, обвинял в том, что я у детей воспитываю неуважение к творчеству. И только за то, что в его присутствии мои восьмиклассники с помощью АРИЗ за двадцать минут решили задачу, над которой он, перебирая варианты, бился три года! А другая группа – люди, как ни странно, прямо противоположного типа. Человек ничего существенного в жизни не сделал,

оправдываясь тем, что «бог не дал таланта». Стоит такой у пивного ларька и рассуждает: «Вот с Васькой в школе за одной партой сидели, а он нынче академик! Голова! Правда, в школе я лучше его задачи-то решал...» А скажи такому, что не в таланте дело, а в том, что Васька работал, как проклятый, а он у ларька отдыхал и сам своей судьбой распорядился, – нарвешься не только на крепкое словцо... А в общем-то больше всего возражают против ТРИЗ люди, с теорией просто не знакомые. «Этого не может быть, потому что этого не может быть никогда!» «Творчеству нельзя учить, если можно, то это вовсе не творчество!» «По правилам можно находить только известные решения!» Вот типичные высказывания такого рода субъектов. Как правило, такие люди не смотрят и не слушают, спорить с ними бесполезно, доказывать бессмысленно.

– А что же делать!?

– Делать свое дело. Дело – лучшее доказательство, и даже сотни упрямых бюрократов в конце концов будут вынуждены отступить.

– Смотрите, уже двенадцатый час! Засиделся я у вас, заторопился Физик. – А интересный разговор вышел. Да, мы говорили о проблемном обучении. Давайте попробуем вместе с использованием методов ТРИЗ. Сам я пока не справлюсь. Хорошо бы в десятом классе. Я их уже познакомил с маленькими человечками, с МАТХЭМ. А теперь полезно познакомить их с решением исследовательских задач. Согласны?

– По рукам! – улыбнулся Изобретатель.

ИГЗ: ГОРЫНЫЧ В УПРЯЖКЕ

В предыдущих записях Изобретатель рассказал о том, как получать и измерять тепло. Но самое важное – как оно работает. Не так ли? Изобретатель вспомнил, как в самом начале своей работы на заводе за какую-то провинность он был командирован на две недели в ремонтный цех поработать на ужасно неприятной операции – извлечении стержня обмотки ремонтируемого турбогенератора. Лобовые части всех стержней скреплялись специальными прокладками, обматывались стеклошнуром, и все это было пропитано затвердевшей, как камень, эпоксидной смолой. Из-за плотной установки креплений и опасности повреждения дорогостоящей обмотки запрещалось пользоваться электро- и пневмо-дрелями, шлифовальными машинками. Вот и приходилось часами сидеть в неудобной позе и водить туда-сюда короткими пилами. На заводе неоднократно устраивались конкурсы рационализаторов – кто придумает набор специальных фигурных пил. Но ничего не получалось.

Изобретателю (тогда мальчишке, выпускнику ПТУ) очень не хотелось заниматься трудной и скучной работой. О ТРИЗ он тогда еще не слышал, но решение, которое нашел, было вполне в духе ТРИЗ. Он взял нихромовую проволоку (в соседнем цехе из нее изготавливали нагреватели), подсоединил ее концы к выходу обычного сварочного трансформатора, пропустил проволоку вокруг крепления и взялся за ее концы плоскогубцами с изолированными рукоятками. Включил ток и потянул проволоку на себя. Ток моментально раскалил проволоку, и она, как масло, разрешила твердую изоляцию. Конечно, работать пришлось в респираторе (продукты сгорания эпоксидной смолы ядовиты), зато за несколько часов все было готово. Уже значительно позже, вспоминая эту историю, Изобретатель понял, что разрешил тогда противоречие: пила должна быть жесткой, чтобы хорошо пилить, и должна быть мягкой, чтобы обогнуть твердую прокладку.

«Вещество должно быть, чтобы..., и не должно быть, чтобы...» «Вещество должно быть твердым, чтобы..., и не должно быть твердым (должно быть мягким), чтобы...». Должно и не должно быть магнитным, прозрачным, электропроводным, светящимся, вязким, сжимаемым... Эти и множество других противоречий могут быть разрешены при воздействии теплового поля, меняющего свойства веществ. Нужно только знать, как воздействовать.

Проводили опыт: проверяли, как свет проходит сквозь изогнутый кристалл. Но сначала нужно было изогнуть кристалл, причем равномерно, без трещин. А размеры его – доли миллиметра. Механическим способом не изогнешь – слишком мал кристалл. Конечно, идеально, если он сам изогнется. Для этого одна сторона его должна сжаться, другая – растянуться. Это легко сделать, если бы разные части кристалла обладали разным коэффициентом теплового расширения, тогда при нагреве он бы изогнулся. Противоречие: они должны быть разными, чтобы изгиб получился, и не должны быть, чтобы это был один кристалл. Решение – напылить на одну грань металл с коэффициентом теплового расширения, отличным от коэффициента для

кристалла. Теперь, если такой кристалл нагреть, он изогнется. Но ведь нам нужно получить изогнутый кристалл в холодном состоянии. Тогда придумали напылять металл на предварительно нагретый кристалл, тогда он согнется при охлаждении до комнатной температуры.

... Во времена правления Наполеона во Франции обнаружили, что одно из красивейших исторических зданий Парижа – Дворец Инвалидов находится в аварийном состоянии. Очевидно, из-за проседания фундамента его стены в верхней части разошлись почти на полметра. Потолок мог обрушиться в любой момент. Был объявлен конкурс на проект ремонта здания, отпущены немалые средства – миллион франков. Но все предложенные варианты требовали многих лет работы и в десятки раз больше средства, чем было выделено. Кроме того, многие проекты портили внешний вид Дворца разного рода подпорками. Красивое изобретательское решение нашел молодой инженер. Оно позволило восстановить здание в кратчайший срок. В верхней части разошедшихся стен были пробиты отверстия, сквозь которые пропустили толстые железные стержни с резьбой на концах. Казалось, можно тут же стянуть стены, закручивая гайки. Но не тут-то было – слишком большие усилия для этого требовались. Поступили иначе. Затянули гайки, насколько было возможно. Затем под нижним рядом стержней расположили желоба, в которые насыпали уголь, и подожгли. От выделяемого тепла стержни нагрелись и, естественно, слегка удлинились. Гайки подкрутили до упора. Огонь потух, стержни сами укоротились и немного сблизили стены. Теперь оказались свободными гайки стержней верхнего ряда – подкрутили и их. Снова разожгли уголь под нижними стержнями и... все повторилось. Так за несколько дней удалось стянуть разошедшиеся стены.

Газопровод закреплен на мощных сваях, забитых в вечную мерзлоту. Но проходит несколько лет, и свая «тонет» в казавшейся гранитом ледяной земле. Оказывается, летом по бетону идет в землю приток тепла, подплавляющий мерзлоту. А зимой земля прикрыта шубой снега и не успевает хорошо промерзнуть, чтобы компенсировать летнее оттаивание. Как же строить в таких условиях, да и можно ли? Можно. В свае выполнили отверстие по всей длине (труба внутри), в которое заливали керосин. В зимние дни, когда температура в глубине земли выше, чем снаружи, более теплые нижние слои керосина поднимаются наверх... Идет циркуляция, переносящая холод вниз, к основанию сваи, и земля глубоко промораживается. А летом нагретый керосин остается наверху, циркуляции нет, дополнительного притока тепла – тоже. Такие «керосиновые» сваи никогда не проваливаются.

Если в разных частях емкости с каким-нибудь раствором создать разные температуры, изменяется концентрация элементов раствора. Это явление называется термодиффузией. Термодиффузия была использована в атомной физике для разделения изотопов урана. Интересно, что одной из причин неудач фашистов с созданием атомной бомбы было нежелание использовать этот метод, разработанный

немецким ученым Густавом Герцем из-за «неарийского» происхождения последнего. Так фашизм сам себя наказал за расизм.

Одно из самых любимых изобретателями веществ – лед. Еще во время войны англичане предлагали построить из льда непотопляемый авианосец. Несерьезно? Но на Севере лед становится надежным строительным материалом. Достаточно теплоизолировать его поверхность, и зданию не страшно короткое северное лето. Недавно было предложено использовать айсберги не только для получения чистой воды, но и для удаления отходов производства: грязная вода с отходами намораживается толстыми слоями на поверхность льда, а потом эти льдины уплывают подальше от прибрежного района, где постепенно тают. Впрочем лучше эти отходы сразу очищать, а не загрязнять ими мировой океан.

Лед активно работает в промышленности. Допустим, нужно удержать на столе шлифовального станка мелкие детали. Намагнитить? Но детали могут быть и немагнитными. Тогда – лед, с помощью которого их легко приморозить к столу, если, конечно, вмонтировать заранее в стол холодильную систему.

Замороженная смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) гораздо лучше охлаждает шлифовальный круг. Сделанные из льда матрицы позволяют штамповать взрывом большие детали. Лед, намороженный на поверхность подводных крыльев корабля, защищает их от кавитационного разрушения, точно так же лед может защищать поверхность труб от истирания абразивными веществами, например рудной пульпой – взвесью мелко истолченной руды в воде.

В тонком стеклянном капилляре металл – висмут. К концам капилляра подсоединили провода и пропустили по ним электрический ток. Вскоре висмут расплавился (температура плавления 271 градус). Но при плавлении висмут не увеличивает свой объем, как большинство металлов, а уменьшает. И столбик металла в капилляре разорвался. Электрическая цепь разомкнулась, ток прекратился. Висмут остыл, объем его увеличился, разрыв в цепи исчез, ток пошел снова. Висмут снова расплавился, столбик разорвался, ток прекратился... И так хоть до бесконечности. Получился прекрасный ограничитель тока, разрывающий цепь, если его величина становится достаточной для разрыва столбика. И еще – инвертор, преобразующий постоянный ток в переменный. И еще датчик температуры, обладающий уникальным свойством: при заданном токе он сообщает о температуре изменением частоты включений-выключений тока. Такие датчики без дополнительных преобразователей можно использовать в системах с ЭВМ.

Можно ли считать, что вода, охлажденная до нуля градусов, – это уже лед? Нет. Для превращения воды в лед у нее еще нужно отобрать довольно много тепла – теплоту замерзания. Этим воспользовались изобретатели, размораживая вечную мерзлоту. Обычно это делали, выливая сверху горячую воду. Но в результате получали нечто вроде полужидкой трясины, которую было очень трудно вычерпать из ямы. Было предложено, казалось бы, парадоксальное решение: лить не горячую, а холодную воду. Она застывает толстым слоем, который без труда расколется бульдозером, а под ним остается оттаявшая, но не размокшая почва. Тепло, отдаваемое холодной водой при замерзании, отогревает почву «в сухую».

Чем выгоднее (энергетически) охлаждать раскаленную сталь на прокатном стане – водой или жидким азотом? В общем, особого выигрыша не дает ни вода, ни азот: у азота ниже температура, зато у воды больше теплота парообразования. Было предложено смешать в одну струю воду и жидкий азот. Капельки воды превращались при этом в лед, льдинки падали на сталь. Теперь тепло стали расходуется сначала на то, чтобы растопить льдинки, и потом – превратить воду в пар. Эффективность охлаждения резко выросла. Температура кипения очень сильно зависит от давления. И этим можно воспользоваться. Более 20 лет известны гидромониторы – водяные пушки, выбрасывающие под огромным давлением водяную струю, способную дробить камни. Недавно сумели почти без всяких затрат повысить эффективность такой пушки в десятки раз! Для этого оказалось достаточно вместо обычной воды использовать нагретую до 200—300 градусов. Так как давление в гидромониторе велико, она не испаряется. Вот струя перегретой воды вылетает из пушки, не успев испариться за доли секунды свободного полета, врывается в каменную стену, вбивается в мельчайшие трещинки и уже там вскипает, разрывая самый твердый камень.

Известен способ получения деталей из труб путем их раздувания. Трубу-заготовку укладывают в форму-матрицу, нагревают докрасна и подают в нее высокое давление. Для создания этого давления требуется специальное дорогое оборудование. Но сумели обойтись без него, используя силу вскипающей воды. Мощные держатели плотно схватывают концы трубы, электрический ток быстро ее нагревает, и внутрь впрыскивается вода. Мгновенное испарение, удар давления – и труба приняла нужную форму. Но в этой простой системе обнаружился недостаток – вода охлаждает стенки трубы, они получаются неодинаковыми. Тогда нашли еще одно красивое решение – впрыскивать не воду, а ее смесь с дизельным топливом – соляркой. Топливо сгорает, поддерживая необходимую температуру.

Берем небольшой баллон и набиваем в него сухой лед. Постепенно нагреваясь и испаряясь, газ выходит из баллона. Этот газ может крутить небольшую турбину, получился отличный двигатель для моделей.

Плавление, испарение, затвердевание – эффекты, связанные с изменением агрегатного состояния веществ, в физике называются фазовыми превращениями. Есть и другие фазовые превращения, которые успешно используются в технике, ими успешно управляет тепловое поле. Например, все слышали о закалке стали. Деталь нагревают до температуры, при которой происходит перестройка структуры. При этом возникает высокотемпературная структура – аустенит. Если теперь деталь медленно охладить, она вернется в свое первоначальное мягкое состояние. Но если охлаждение провести быстро, например опустив деталь без промедления в воду или в масло, аустенит превратится в особую твердую структуру – мартенсит. Такая закаленная деталь может теперь обрабатывать обычную сталь, не прошедшую закалки.

Такой режим закалки известен очень давно. А когда Елена Сергеевна Жмудь предложила опустить раскаленную болванку в жидкий азот (его температура минус 196 градусов), термисты отказались, опасаясь взрыва. Пришлось делать это ей самой. Взрыв произошел, но не тот, которого опасались, – взорванными оказались привычные представления о свойствах металлов. Стойкость режущих инструментов после такой обработки возрастала в 5, 30, даже 100 раз! Потом попробовали опускать в жидкий азот не раскаленные инструменты, а сверла, фрезы, прошедшие обычную закалку давным-давно, пролежавшие на полках складов месяцы и даже годы. Результат был тот же – повышение стойкости. Прошедшие необычную обработку инструменты тщательно исследовали, но рентгеноструктурный анализ не показал никаких изменений в структуре металла. Другой поразительный факт – твердость инструмента тоже не увеличилась. Новая загадка: одинаковые сверла, изготовленные из одинакового материала, только из разных партий, и у одних износостойкость повышалась в сотню раз, у других – в десяток, у третьих – никакого повышения. Пока наука не дает объяснения этому странному явлению. Но оно уже используется на десятках заводов.

Чем быстрее охлаждается сталь при закалке, тем она тверже, но и, к сожалению, более хрупкая (напоминает стекло, которое трудно поцарапать, но легко разбить). А если охладить сталь при закалке не просто быстро, а сверхбыстро? Наверное, сталь при этом вообще рассыплется в порошок? Нет, этого не происходит. Ускоренное охлаждение приводит к появлению качественно новых свойств. Расплавленную сталь набрызгивают тонким слоем на быстро вращающийся чугунный каток. Касаясь его поверхности, она почти мгновенно остывает, и кристаллическая структура вообще не успевает образоваться. Металл становится аморфным, похожим по структуре на стекло. Его так и называют – металлическое стекло. Необычные стекла обладают невероятной прочностью, химической стойкостью, повышенными магнитными свойствами. Еще несколько лет назад они были экзотической лабораторной диковинкой, а сегодня на их базе уже выпускают специальные композиты.

В тридцатые годы нашего века было открыто новое удивительное свойство металлов: в некоторых очень узких диапазонах температур на короткое время они становились сверхпластичными, и тогда даже очень твердую сталь возможно вытянуть

без разрыва, как пластилин. Выяснили, что это происходило как раз в момент перестройки структуры, когда старая уже 124 разрушилась, а новая еще не образовалась. Но как «поймать» эти доли секунды? Оказывается не очень и сложно. Пресс для глубокой вытяжки стали с использованием эффекта сверхпластичности работает так: деталь, нагретую выше температуры фазового превращения, кладут на стол прессы. Магнитная система управления работой прессы включена, но сигнала на срабатывание от датчика, расположенного под деталью, пока нет. Но вот металл, остывая, доходит до точки перестройки структуры. При этом стремительно возрастает его магнитопроводность, что обеспечивает прохождение сигнала от датчика и включение прессы. Одно движение пуансона – и сложнейшая деталь отштампована с высокой точностью и минимальным усилием (металл в состоянии сверхпластичности!).

Еще в студенческие годы Изобретатель работал в криогенной лаборатории. Однажды решили с друзьями провести эксперимент. Дело было летом, пошли в магазин и купили килограмм клубники. Отобрав лучшие ягоды, заморозили их в парах жидкого азота и поместили твердые, как ледышки, шарики в емкость, к которой подключили вакуумный насос. В вакууме лед испаряется, не переходя в жидкость. Назавтра ягоды были с виду совсем как свежие, только совершенно невесомые. Потом их «закатали» в банку, заполнив ее азотом. А зимой был сюрприз для друзей и родственников – совершенно свежие ягоды. Такой процесс замораживания и вакуумирования пищевых продуктов (сублимационная сушка) позволяет их очень долго хранить, а после выпитывания потерянной ранее влаги они неотличимы от свежих. Такие продукты входят в рацион космонавтов, альпинистов, полярников (дополнительное их преимущество – малый вес).

В широкий, но невысокий сосуд налита жидкость, подогреваемая снизу. Когда нагрев становится больше некоторого критического, начинается активное перемешивание жидкости, конвективный перенос тепла. Но он не хаотичен, на поверхности жидкости появляется аккуратный рисунок из множества шестиугольников, похожий на срез пчелиных сот. Эти «соты» называют «ячейками Бенара». В свое время они поразили ученых: невозможно было понять, как из хаоса, беспорядка обычного теплового движения появляется порядок, организация. Объяснить это явление удалось создателю новой науки – неравновесной термодинамики – бельгийскому ученому И. Р. Пригожину. Он показал, как могут «сами собой» возникать сложные структуры, «самоорганизовываться» молекулы. Новая наука – синергетика проливает свет на тайну самопроизвольного возникновения жизни, отрицает неизбежность «тепловой смерти» Вселенной через миллиарды лет.

Как бесстрашно работает на арене цирка артист с огромным удавом! Вот сейчас тот сожмет свои кольца и... Но артист успеваает сбросить кольцо, не везет удаву. Но почему он так медлителен? Где его хваленая огромная скорость движений,

невероятная сила? Остается...в холодильнике. Змеи – холоднокровные существа. Температура их тела целиком зависит от температуры окружающей среды. А при низкой температуре у змей замедляются все реакции. Что и используется в цирке.

Тепло издавна трудится в медицине. Русская парная баня, финская сауна с горячим сухим воздухом возвращают здоровье. Легкоплавкий минерал озокерит, долго сохраняющий тепло, прогревает больной орган. Позволяет делать «бескровные» операции термокоагулятор, «заваривающий» кровоточащие сосуды. Аппарат искусственного кровообращения охлаждает кровь и позволяет делать операции на открытом сердце. Полиэтиленовый пакетик с водой, замороженной в холодильнике, снимает зубную боль.

Как отогреть замерзающего? Нужно как можно скорее подать тепло к его внутренним органам, но при этом в первую очередь нагревается место подвода тепла: поверхность кожи или стенки желудка, если тепло подается горячим питьем. А это очень опасно: кровь приливает к перегретым местам и отливает от сердца, мозга, что грозит смертью пострадавшему. Тепло само должно разлиться по всему организму, добраться до особо важных органов. Но как? Нужен ресурс, способный разносить тепло. Конечно, это кровь, циркулирующая по всему организму, не забывающая даже самый маленький капилляр. Горячие грелки укладывают на места выхода крупных артерий – и кровь сама разносит живительное тепло. А если нужно помочь рабочему в горячем цехе или пожарному, работающему вблизи очага пожара? Решение, понятно, противоположное. На рабочей куртке в нужных местах нашиты кармашки, в которые закладывают лед.

Задача 36. Очень интересный уют видел Изобретатель недавно на выставке. Его «подошву» можно спокойно трогать рукой – не обожжешься. В то же время он отлично гладит и высушивает белье. Как это может быть?

Задача 37. Для конденсации отработанный пар выпускают в бак с водой. Обычно этого достаточно. Но иногда выпускают сразу довольно много пара, и он не успевает сконденсироваться, прорывается сквозь воду и уходит. Это нежелательно. Как быть?

ПОЛЕЗНЫЕ ДИВЕРСИИ

– Дело было в конце прошлого века. На одном из заседаний Лондонского королевского общества выступал сэр Уильям Крукс и убеждал своих коллег в существовании телепатии, – так начал урок Изобретатель в десятом классе. – Ученые слушали Крукса очень внимательно, они ему доверяли, не случайно они избрали Крукса своим президентом. «Я сам это проверил! – говорил Крукс. – Ко мне пришли два брата, оба высокие, с пронзительными черными глазами. Они проделывали удивительные вещи. Я запер одного из них в подвал, а второго поместил в комнату на четвертом этаже своего дома. Я входил в комнату и тихо говорил ему первое попавшееся на ум слово. Потом запираю дверь на ключ и спускался в подвал к первому, и он тут же повторял мне это слово! Никакой связи между ними не было, подвал был без окон...

– Говорили слово – и все? – удивлялись коллеги.

– Ну, не совсем. Когда я произносил слово, телепат клал мне на плечи руки и долго-долго вглядывался в мои глаза. И тот, что в подвале, – тоже: сначала обнимал меня и вглядывался в глаза, а потом говорил слово...

– И как они объясняли этот феномен?

— Телепаты сказали, что я сам являюсь переносчиком «телепатической» энергии, тайну они узнают через мои глаза... Конечно, они демонстрировали свое умение не бесплатно, но за такое открытие не жалко и заплатить!»

– Как вы считаете, ребята, телепатия существует? – спросил Изобретатель. Ребята зашумели, заспорили, но в конце концов выяснилось, что в телепатию они не верят. А что касается братьев с черными глазами, то у них, наверное, был портативный радиопередатчик, как у милиционеров.

– Ребята, когда было изобретено радио?

– В конце прошлого века.

– А вы представляете, каковы были размеры радиоаппаратуры тогда? Радиосвязь можно исключить. Нужно найти другое объяснение. Только не гадать. Давайте работать по правилам. В чем у нас задача?

– Мы должны узнать, что произошло.

– Главное, как!

– Верно. Наша задача – выяснить механизм происшествия, явления. Такие задачи называются исследовательскими. А теперь запомните главное правило. Если нужно решить исследовательскую задачу, ТРИЗ рекомендует использовать прием «обращение задачи». Он заключается в том, что вместо вопроса «Как это произошло?» мы ставим вопрос «Как это сделать?». В такой постановке у нас задача стала изобретательской. А что делать с изобретательской задачей?

– Решать с помощью ТРИЗ!

– Безусловно. Давайте разбираться с телепатами. Представьте, что вы и есть эти братья. Как передать сигнал с верхнего этажа в подвал? Перестукивание? Вообще-то можно. Но учтите, что труб отопления тогда в Англии не было, комнаты отапливались каминами. Да и Крукс бы услышал. Это не годится. Телефон тогда был, конечно, известен. Но заранее телефонизировать дом братья вряд ли могли. Загипнотизировать Крукса, чтобы он забывал сказанное им слово, и внушить ему, что любое слово,

названное вторым «телепатом», и есть то самое? Остроумная идея. Только, если братья были такими сильными гипнотизерами, им ничего не стоило обойтись без этого маскарада. Нет, ребята, вы все делаете одну и ту же ошибку. Впрочем, это не ошибка. Просто я не объяснил вам второго правила: в исследовательских задачах решение всегда получается за счет использования веществ, полей, которые уже есть в системе, – за счет ресурсов. Вам нужно передать сообщение. Какие ресурсы у вас есть? Правильно, единственная связь между братьями – сам Крукс, который ходит туда-сюда. Но его не попросишь помочь. Получается противоречие: Крукс должен передать сообщение, чтобы опыт удался, и не должен передавать, чтобы он был уверен в чистоте опыта. Совершенно верно, он должен передавать сообщение незаметно для самого себя. Как самым простым образом использовать Крукса в качестве переносчика слова?

– Дать ему записку! Но чтобы он сам не заметил!

– Братья клали Круксу руки на плечи! Очи могли таким образом прикрепить ему на спину записочку и снять ее!

– А написать ее можно было незаметно, например, держа руку с карандашом в кармане! Ребята обсуждали возможности реализации придуманного ими способа.

Потом спросили:

– А вы как считаете, есть телепатия или нет?

– Не знаю, – ответил Изобретатель. – Может быть, и есть, только в случае с Круксом налицо было...

– Жульничество! – весело подхватили ребята.

– Да, жульничество, только не простое, а хитрое, изобретательское, его труднее придумать и труднее обнаружить. Не зря прославленный ученый попал впросак. Такие «телепаты» и сегодня промышляют. Они соглашаются продемонстрировать свое «искусство» перед учеными, журналистами, но всегда отказываются выступать перед профессиональными иллюзионистами, фокусниками, боятся разоблачения! Но довольно о жуликах. Вот другая задача.

Задача 38. В начале тридцатых годов в нашей стране началась разработка новейшей парашютной техники, обеспечивающей возможность выброски больших десантов. Занималось этой работой Особое конструкторское бюро под руководством комдива Павла Игнатьевича Гроховского, опытного изобретателя, человека необыкновенной смелости. Он лично испытывал все свои идеи, например беспарашютное десантирование людей в особой коляске – «авиобусе», которая сбрасывалась с самолета с малой высоты и потом катилась по земле.

Для сброса тяжелой техники были сконструированы огромные парашюты, диаметром в сорок метров. Все было рассчитано как будто верно, но при первом опытном сбросе купол лопнул. Случайность? Опыт повторили, и снова груз зарылся в землю. Что делать? Шить парашюты из более прочного материала? Но такой материал тяжелее, а парашют и так весил почти 500 килограммов! И потом, почему все-таки рвались парашюты? Ведь они по форме были полностью подобны обычным и соответственно рассчитаны с тем же запасом прочности.

С минуту ребята молчали, потом пошли первые предложения. Разумеется, они совсем забыли о правилах, которые Изобретатель только что им рассказал.

- Нитки были гнилые!
- Диверсанты подрезали купол!
- Неправильный расчет!
- Слишком тяжелый груз!

Изобретатель терпеливо объяснял, что нитки были хорошие, что вообще все проверялось, было отличного качества. Идеи постепенно иссякли. Ребята выжидательно смотрели на него.

– Пошумели? Теперь вспомним прием обращения исследовательской задачи. Что нам нужно?

- Чтобы парашюты не рвались?
- Нет, сначала нужно узнать, почему они рвутся?
- Не почему рвутся, а как сделать, чтобы рвались!
- Но это же диверсия!

– Правильно, мы придумываем, как устроить диверсию, чтобы сделать ее невозможной, – сказал Изобретатель.

– Так что давайте временно превратимся в диверсантов.

– Диверсию придумать легко, уже предлагали подрезать купол или стропы. – Но это так же легко и проверить. Не сомневайтесь в том, что все парашюты внимательнейшим образом были осмотрены и до сброса, и после. Никаких следов подрезов! Я повторяю вопрос: что нужно сделать, чтобы парашют лопнул?

- Дернуть посильнее!
- Хорошо. А как?

– Дергает груз. Но если груз расчетный, то от этого парашют не должен разорваться. Значит, груз должен быть больше!

– Да ведь сказано было, что груз – нормальный!

– Не спорьте, ребята. Просто здесь противоречие. Кто его сформулирует? Груз должен быть большим, чтобы лопнул купол, и не должен быть большим, чтобы не превышать расчетного или чтобы не заметили при взвешивании. Как такое противоречие разрешить? Во времени? Хорошо. В момент сброса большой, а при взвешивании малый, обычный. То есть груз должен увеличиться в момент раскрытия парашюта. Можно это сделать незаметно? Правильно, трудно. Где же выход? Не знаете? Давайте разберемся. От чего зависит сила, с которой груз дергает парашют? От силы тяжести, понятно. Можем мы ее увеличить? Нет. А если нам нужно увеличить силу рывка? Найти еще какую-то силу? Давайте искать. Откуда ее взять? Представьте себе, что вы стоите на доске, концы которой опираются на два камня. Вы хотите доску сломать, а ничего, кроме собственного веса, у нас нет. Что делать? Встать на доску посередине. Встали, а она не ломается. Что дальше? Подпрыгнуть? Отлично. Видите, силу толчка, рывка, можно увеличить, если как следует разогнаться. А теперь вернемся к парашюту. Что нам нужно? Чтобы груз разогнался. Груз успеет разогнаться, если парашют будет раскрываться медленно. Так ведь большой парашют и будет медленно раскрываться. Груз падает, разгоняется и в момент раскрытия парашюта получается рывок гораздо больше расчетного. Все теперь ясно? Хорошо. Задачу на объяснение причины аварий мы решили. Но как же все-таки сбрасывать

большие грузы? Это новая задача. Сначала мы искали причину непонятного явления, а сейчас мы должны придумать, как ее устранить или использовать, если возможно... Как можно избавиться от неприятности?

– Нужно сделать так, чтобы груз не успел разогнаться!

– А как?

– Например, ускорить раскрытие парашюта.

– Можно, только эта задача очень сложная. А еще есть предложения?

– Нужно просто задержать груз! Пусть он начинает падать после того, как парашют раскроется.

– Парашют раскрывается еще в самолете!

– Он там не поместится.

– Стоп! Снова противоречие: парашют должен быть открыт заранее, чтобы не было сильного рывка, и не должен быть открыт заранее, потому что не помещается в самолете.

– А почему раскрытый парашют должен быть обязательно в самолете? Пусть он раскрывается вне самолета, а груз выбросить за ним!

– Действительно! Здорово!

– Это верно, что здорово, но очень опасно, – отрезвляюще прозвучал голос Изобретателя.

– Ведь если случайно задержать груз дольше положенного, парашют запросто может повредить самолет, хвост ему оторвать, например. Или сорвать самолет в штопор. Опять новая задача. Так очень часто бывает – цепочка. Одна тянет за собой другую, кажется, им нет конца. Но если не решить хотя бы самую простую из них, не будет и решения главной задачи.

– Нужно придумать выталкиватель! С часовым механизмом.

– Разве можно заранее определить время? Лучше датчик, который будет сигнализировать, что парашют раскрылся и можно выбрасывать груз.

– Хорошо. А теперь скажите, что такое идеальный выталкиватель?

– Выталкивателя нет! А выталкивание есть.

– Кто же тогда будет, выталкивать?

– Сам груз... или парашют.

– Точно! Парашют сам может вытянуть груз, когда раскроется! Только нужно, чтобы груз наготове стоял.

– Этот способ получил название «десантирование тяжеловесов методом срыва», – сказал Изобретатель.

—К сожалению, ученые из ЦАГИ – Центрального аэрогидродинамического института – тогда дали на него отрицательное заключение. Они считали, что самолет при этом обязательно сорвется в штопор и люди погибнут. Командующий военно-воздушными силами Я. И. Алкснис запретил проводить испытания. Но П. И. Гроховский все-таки провел их, несмотря на запрет. Испытания прошли успешно. Конечно, за нарушение приказа Гроховский понес наказание, но страна получила новый метод десантирования. И во время войны выяснилось, что он годится не только для тяжеловесов. Когда самолет находится низко над землей – десятки метров, прыгать с парашютом нельзя – он не успеет раскрыться. Но если раскрыть его до

прыжка, только выбравшись из кабины, то через несколько секунд пилот оказывался стоящим на земле. Этот метод спас жизнь сотням летчиков.

– А еще задачу дадите?

– Дам. И тоже исследовательскую. Только на этот раз мы будем работать немного по-другому, ближе к настоящей науке, – ответил Изобретатель.

– Как идет научное исследование? Вот ученый придумал гипотезу. Теперь нужно ее проверить. И он «задает» природе вопрос – ставит эксперимент, в результате которого получает ответ. Я буду работать за «природу». Вы задаете мне вопрос, я за нее отвечаю, верна ваша гипотеза или нет. Вы описываете эксперимент, который хотите поставить, а я скажу, что в его результате получится. Договорились? Ребята с энтузиазмом слушали условие новой задачи.

Задача 39. В начале семидесятых годов в нашей стране создавались первые цветные телевизоры. Проблем, конечно, было много, но речь пойдет об одном странном явлении. Телевизор тщательно настраивали, то есть сводили в одну точку три луча: «красный», «синий», «зеленый» так, чтобы точка получилась белой. Телевизор мог сколько угодно работать – настройка не сбивалась. Но стоило телевизор хоть на секунду выключить – на экране вместо белой точки появлялись три цветных. При последующих выключениях-включениях точки снова перемещались, хотя и оставались вблизи друг друга. Как это объяснить?

– Итак, с чего начнем решение? Правильно, нужно «обратить» задачу. У нас есть хорошее изображение, мы должны его испортить.

—Как? Сдвинуть лучи? Хорошо. Как телевизор устроен, представляете? Верно, луч – это поток электронов. Как можно им управлять?

– Электрическим или магнитным полем! В телевизоре есть специальные отклоняющие системы... Может быть, они забарахлили?

Но Изобретатель на этот вопрос ничего не ответил. Ребята вспомнили – нужно поставить эксперимент для проверки этой гипотезы. Отклонение зависит от напряжения на отклоняющих электродах и на «пушке», создающей поток электронов. Нужно проверить, как изменяется это напряжение до выключения и после. Если оно меняется, значит, виновато напряжение.

– Хороший эксперимент, – сказал Изобретатель. – Только вот беда: проверили – ничего не меняется! И напряжение, и ток – постоянны.

Ребята обескуражены. Они не сразу понимают, что отрицательный ответ тоже несет информацию. Раз на электродах ничего не меняется, значит, создаваемые ими поля неизменны. Но точки перемещаются. Значит, какие-то поля есть. Противоречие!

– Можно противоречие в пространстве разрешить. Какие-то поля могут быть и вне управляющей системы. Так?

Но Изобретатель снова молчит. Нужно сформулировать эксперимент по проверке влияния полей других источников на работу телевизора.

– Не забудьте, что явление связано с включением-выключением, – напоминает он.

– Электрическое поле создается зарядами. Может быть, при выключении или включении на каких-то деталях возникают заряды? Это ведь можно проверить?

– Можно, конечно. Проверили. Нет зарядов, – коротко отвечает Изобретатель. – Ясно. Будем искать магнитное поле. Приборы для этого тоже есть. Откуда оно может взяться?

– Вообще-то в телевизоре немало всякого железа. Шасси, сердечники трансформаторов, дросселей...

– Это сказал мальчик, занимающийся в кружке радиоэлектроники.

– Чего? – переспросил кто-то из ребят.

– Дросселей – так называют катушки индуктивности. У них обычно сердечники из железа, чтобы индуктивность была выше, – объяснил знаток. – В принципе, если их намагнитить, они могли бы создавать паразитное магнитное поле.

– Почему паразитное? – опять не поняли ребята.

– Потому что вредное, ненужное, – ответил мальчик.

– А почему бы нам не подойти иначе? – вмешался Физик, который тоже заинтересовался задачей, но ответа не знал.

– Нужно посмотреть, что происходит при выключении-включении. Мне кажется, в этой операции спрятана вся хитрость. Вот мы включили ток, и человечки-электронники побежали по своим дорожкам в транзисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, трансформаторы... Выключили – остановились. Может так случиться, что эти пуски и остановки при разных включениях-выключениях происходят немного по-разному?

– Это новая гипотеза. Как ее проверить? – спросил Изобретатель.

– Нужно посмотреть, что происходит в электрических цепях. Это можно сделать с помощью осциллографа, – снова подключился радиолюбитель. – Будет меняться картинка на осциллографе?

– Будет, – подтвердил Изобретатель. – Картинки зависят от многих параметров – в какой момент выключили, в какой включили.

– Не подсказывайте! – закричали ребята. – Мы сами хотим разобраться. Только мы не знаем, как выглядят эти картинки.

– Картинки я вам нарисую, – согласился Изобретатель.

– Только в разных местах схемы они могут быть разные. Например, такие... Или такая...

– А почему кривые на картинках так сильно меняются? В момент включения один вид, а потом – другой?

– Начальный момент называется переходным процессом. А потом режим устанавливается.

– А что меняется в этих картинках при разных включениях?

– Меняются только переходные процессы. Нормальный режим не меняется. – Значит, ток в начальный период может немного меняться?

– Да.

– И по-разному перемагничивать железо?

– Да. В этом и была причина расхождения лучей. Трудно было решать?

– Трудно!

– Ничего. Знаете, сколько времени эта задача «терзала» специалистов? Полгода!

– Ух, какие мы гениальные! – воскликнула девочка.

– Никакие вы не гениальные, – засмеялся Изобретатель. – Разве можно назвать силачом крановщика, который одним нажатием пальца поднимает огромный груз? У него не сила, а хороший инструмент. И у вас есть инструмент – ТРИЗ. Конечно, сегодня я немного помогал вам. Но если будете стараться, успехи придут.

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

– Вы неплохо подготовили ребят, – сказал Изобретатель Физику. – Они сносно формулируют противоречия, идеальностью пользоваться умеют...

— Я с ними на факультативе решал изобретательские задачи из книг, которые у вас взял. Противоречия они действительно формулируют, а вот с разрешением пока не так хорошо, как хотелось бы. Я подумал – может быть, стоит их познакомить с таблицей разрешения противоречий?

– Из АРИЗ? Хорошая мысль. Знаете, мы сделаем плакат! – загорелся Изобретатель. – Повесим его в кабинете. Только желательно примеры подобрать поближе к школьному курсу.

РАЗРЕШЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Разделение противоречивых свойств в пространстве	ФП: отверстие стока в баке должно быть маленьким, чтобы вода вытекала медленно, и не должно быть маленьким, чтобы не засорялось. Предложено отверстие стока сделать достаточно большим, а малым – другое отверстие, через которое в бак поступает воздух взамен вытекшей воды. Вода будет вытекать медленно по мере поступления воздуха
Разделение противоречивых свойств во времени	ФП: поплавков, предохраняющий молоко в цистерне молоковоза от плескания, должен быть большим, чтобы покрывать всю поверхность, и малым, чтобы извлекаться через узкую горловину при мойке цистерны. Предложено сделать поплавок из набора шаров – поплавков с магнитными вкладышами. В момент извлечения и засыпки – это груда шаров, а в остальное время – сплошное покрытие, сцепленное магнитными силами
Разделение противоречивых свойств системным переходом – объединением в надсистему или дроблением	Ацетатную нить скручивают из множества тончайших волосков. ФП: цветов нитей должно быть много, чтобы получать разные ткани, и должно быть мало, чтобы не приходилось часто мыть оборудование при смене окраски. Предложено постоянно производить волоски трех основных цветов: красного, синего и зеленого, смешивая их в нужной пропорции для получения любого цвета (как в цветном телевизоре). Изменение яркости можно производить введением бесцветной нити
Разделение противоречивых свойств фазовым переходом	Для тренировки стрелков машина выбрасывает в воздух керамические тарелочки. ФП: тарелочки должны быть, чтобы тренироваться, и не должны быть, чтобы не засорять полигон осколками. Предложено делать тарелочки из льда
Разделение противоречивых свойств за счет физико-химического взаимодействия	ФП: давление воздуха внутри электродвигателя насоса, работающего под водой, должно быть повышенным, чтобы вода не попадала внутрь, и не должно быть повышенным, чтобы не потребовалось дополнительное оборудование. Предложено поместить внутрь вещество, разлагающееся при попадании воды с выделением большого количества газа

– Отлично! И вот еще что. Мне понравилось, как мы решали последнюю задачу – с устными экспериментами. По-моему, это для ребят очень полезно. Настоящие эксперименты проводить дорого, их количество всегда ограничено, недостаточно для приобретения навыков исследовательской работы. А с устными – никаких ограничений. Я думаю, что подобным образом можно различные темы по физике проходить. Например, не рассказывать им про опыты Рёмера, Физо или Фуко по измерению скорости света, а предложить самим спланировать и описать опыт. Я это тоже попробую на факультативе.

– Придумать хороший эксперимент – большое тонкое искусство, – сказал Изобретатель. – Этому следует учить. Я хочу предложить вам попробовать еще одно учебное упражнение, придуманное Г.С. Альтшуллером, оно называется «Тайна облачной планеты», мы его использовали в курсе развития творческого воображения. Суть его в следующем. Космический корабль приблизился к неизвестной планете, покрытой тонким, но сплошным слоем облаков. Слой облаков условный – сквозь них могут пройти специальные автоматические станции, управляемые с корабля, но никакое излучение не проходит, никакая связь между станцией и кораблем невозможна. На планете действуют те же физические условия, что и на Земле. Но один какой-то фактор изменен, например тяготение или скорость распространения света. Так вот, задавая станциям различные программы исследований, нужно определить, причем с минимальным числом попыток, какой именно фактор изменен. Вы, преподаватель, отвечаете за планету, а ваши слушатели задают действия станции. Как происходит игра, я вам сейчас прочитаю, – Изобретатель достал из сумки книгу А.Б. Селюцкого и Г.И. Слугина «Вдохновение по заказу».

– В этой книжке две главы написаны Г. С. Альтшуллером, в том числе и про облачную планету.

«– Посылаем станцию с таким заданием: опуститься на поверхность, взять пробы грунта, воздуха... Программу коллективно дополняют: измерить радиацию, сделать снимки и т. д.

– Программа готова. Запускаем станцию.

– Прекрасно. Запустили. Но она не вернулась.

– Как это – не вернулась? Почему?

– Это ваше дело – узнать, почему...

– Хорошо. Отправим еще три станции. В разные места.

– Станции не вернулись...

– Количеством станций мы не ограничены?

– Нет.

– Тогда посылаем еще десять станций.

– Станции не вернулись...

– Ни одна? Учтите, наши станции имеют автоматы, выводящие их на посадку только в безопасном месте.

– А как они узнают, что место безопасно?

– По рельефу хотя бы. Если внизу ровный грунт, значит, безопасно.

– Прекрасно. И все-таки станции, снабженные системами выбора места посадки, не вернулись... Что будете делать дальше?

– Наверное, опасно садиться на поверхность... Пошлем еще одну станцию, но с другой программой. Пусть станция опустится под эти облака, сделает снимки и сразу вернется. Спуститься она должна совсем немного – на метр, не больше.

– Станция вернулась.

– Наконец-то! А снимки получились?

—Да.

– И что на них?

– Степь, река, холмы, лес... Все как на Земле. Снято с высоты в десять километров. Взяты пробы атмосферы – воздух тоже, как на Земле. Опасной радиации нет.

– А почему посланные в этот район станции не вернулись?

– Это уж ваше дело – узнать, почему...»

Упражнение иногда длится очень долго. Пока не выяснится, что на планете замедленная скорость света – в сотни тысяч раз меньше, чем на Земле.

– Интересное упражнение, – согласился Физик. – Но, наверное, есть какая-то оптимальная стратегия? Чтобы не губить ракеты пачками?

– Оптимальная стратегия есть. Но, конечно, ребята должны ее сами найти. Она заключается в том, что знакомство с планетой нужно начинать с микродействия: поднырнуть под облака на метр, на секунду. Потом увеличить радиус действий: глубже под облака, подольше. Но вся прелесть упражнения в том, что даже если ребята найдут правильную стратегию, игра все равно не потеряет смысла. Ведь главное все же в том, чтобы определить неизвестный измененный фактор. А для этого они должны задавать вопросы – эксперименты. А вы – это очень важно – должны отвечать только на конкретные вопросы. По сути дела, они сначала должны придумать гипотезу – причину гибели, потом сформулировать эксперимент, который должен дать ответ, правы они или нет. А измененный фактор может быть самым разным: огромное давление или сверхплотность атмосферы, сверхвысокая или близкая к абсолютному нулю температура, ураганы со скоростью тысячи километров в час, нелинейный рост силы тяжести, сдвиги времени, вулканы, чужая жизнь, ловушки иного разума.

– Знаете, я слушал вас и вспомнил фантастику Хола Клемента, – перебил его Физик. – Помните его повесть «Экспедиция «Тяготение»? Там действие происходит на удивительной планете Месклин. Планета невероятно велика – тяготение ее превышает земное в 700 раз. И она не шар, а что-то вроде толстой двояковыпуклой линзы и вращается так быстро, что на экваторе тяготение почти компенсируется центробежной силой, там сила тяжести превышает земную только в три раза. Атмосфера там из водорода, моря – из жидкого метана. Температура минус 150 градусов, давление – 8 атмосфер. И все же там есть жизнь и даже разум – маленькие гусеницеподобные месклиниты путешествуют по всей планете, сражаются с чудовищами размерами в сотни раз больше наших слонов. Самое удивительное это то, что в повести все совершенно логично, прослежено влияние необычных условий на жизнь планеты – просто учебное пособие по физическим эффектам!

– Ну и отлично! – одобрил Изобретатель. – Это действительно можно использовать.

– Можно придумать любую планету с особыми условиями, с разными физическими эффектами. Хорошо бы и химика привлечь, и биолога! А если населить

планету разумными существами, то и учителя обществоведения. Сейчас говорят, что обучение должно быть комплексным – вот и есть комплексное задание!

—Прекрасная мысль. Правда, что-то в таком духе уже было. В Стэнфордском университете профессор Джон Арнольд учил студентов конструированию подобным образом. Он «отправлял» их на дальнюю планету «Арктурус IV», где были совершенно необычные условия, причем для каждого курса или даже студента они были разными. В новых условиях им предлагалось спроектировать дом, автомобиль, телефон – любое устройство. Нужно было преодолеть массу психологических барьеров, разобраться с условиями жизни на планете, с ее физикой, химией, психологией арктурян, чтобы выполнить курсовую работу. Студенты профессора Арнольда становились прекрасными конструкторами.

ИСКУССТВО «ХИМИЧИТЬ»

– Да, глуп я был,– думал Изобретатель с досадой,– считал, что раз моя специальность – электромеханика, то химия вряд ли пригодится. А ведь зачитывался в детстве фантастикой Жюль Верна, восхищался гениальным инженером Сайрусом Смитом, который в первую очередь с помощью химии сумел создать человеческие условия жизни на необитаемом таинственном острове. В школе химию «проходил», в институте – лишь бы «спихнуть», а теперь недополученные знания ой как бы пригодились! Оказалось, что химия для изобретателя – источник множества великолепных изобретений, неисчерпаемых ресурсов, позволяющих решить чуть ли не каждую задачу самыми простыми, дешевыми средствами. Преувелечение? Нисколько! Химия оперирует веществами, а в любой технической системе их полно, нужно только уметь «запрячь» их в работу. Правда, для этого нужно знать, «как хомут надевать». К сожалению, не один Изобретатель плохо знал химию – «химические» изобретения относительно редки. И хотя популярных книг по химии немало, в них почти ничего не встретишь об изобретательстве. Так что раздел «Химия» оказался самым тощим в изобретательской картотеке. Но кое-что все же нашлось.

Эту задачу Изобретателю предложил один из его учеников прямо на занятии. Оказывается, можно изготовить из микропровода высоковольтный конденсатор огромной емкости (микропровод – это тончайший волосок металла в стеклянной изоляции). Если из тысяч отрезков микропровода собрать «пучок», затем половину проводков спаять между собой с одного края «пучка», а другую половину – с противоположного края, то конденсатор готов. К сожалению, уложить эти проводки толщиной в несколько микрон через один совершенно невозможно – никакая механика не в состоянии манипулировать такими невесомыми предметами. Ведь такой проводок, подброшенный в воздух, парит как пылинка! Решение было найдено с помощью химии. Нужно взять два микропровода из разных металлов, например меди и никеля, и из них намотать катушку – это обычная операция, хорошо отработанная для микропровода. Если потом катушку разрезать, получим пучок, в котором чередуются волоски меди и никеля. Теперь осталось опустить пучок одним концом в реактив, «съедающий» никель (нужно «съесть» всего несколько миллиметров), тогда медные проводки «выступят» вперед, затем другим – в реактив, взаимодействующий с медью (вперед «выступят» никелевые проводки). Теперь без труда запаиваем выступающие концы – и конденсатор готов!

Умение химии избирательно действовать на одни вещества и не действовать на другие открывает перед изобретателями массу возможностей. Например, детали, не терпящие повышения температуры, можно соединить химической сваркой: на них из раствора высаживается металл, соединяющий детали. Другая задача: как из отработавшей радиоаппаратуры извлечь имеющиеся в некоторых деталях драгоценные металлы? Для этого блоки дробят и растворяют, а из раствора извлекают золото, платину, серебро...

В середине прошлого века химики познакомились с металлорганическими соединениями: веществами, состоящими из углерода, водорода, азота, кислорода (это обычные для органики элементы), но включающими также атомы металлов (металлорганических соединений много в человеке, например важнейший компонент крови – гемоглобин содержит помимо органики атомы железа). Правда, полезное применение этим соединениям нашли только в наше время. Одно из свойств металлорганических жидкостей – разложение при сравнительно невысокой температуре с выделением металла. Поэтому, если ее нанести на поверхность горячей детали, то на поверхности образуется тонкая пленка выделившегося из соединения металла. Особенно здорово работает металлорганика в так называемых металлолакирующих (металлопокрывающих) смазках. Такой жидкостью смазывают трущиеся детали, например в подшипниках скольжения. Как только в таком подшипнике появится дефектный участок, трение возрастет, он нагреется, в результате из металлорганической смазки выделится металл, который закроет дефект и снизит трение до нормальной величины.

Одной химической реакции люди обязаны жизнью. Это – горение. Огонь когда-то согрел человека, и с развитием человечества развивался, набирался силы и огонь. Первым горючим материалом было дерево. Затем научились получать дающий гораздо больше тепла древесный уголь (его получали, прокаливая дерево без доступа воздуха, например, засыпав землей и разведя сверху большой костер. При этом из дерева уходила вода, летучие вещества, снижающие температуру пламени). Затем научились использовать каменный уголь и кокс, который тоже получали прокаливанием каменного угля без кислорода. Потом появились горючие жидкости, гораздо более удобные в употреблении, чем твердое топливо, горючие газы. А вот в двигателях ракет, где скорость горения гораздо важнее тепловыделяющей способности, стали использовать различные пороха. В двадцатые годы один из основоположников ракетостроения Фридрих Артурович Цандер предлагал в качестве топлива использовать сам корпус ракеты, сделанный из горючих металлов магния, алюминия. Четко видна тенденция: сначала топливо природное (дерево, уголь), потом измененное природное (древесный уголь, кокс, бензин), а затем и вовсе искусственное (порох, жидкий водород).

Для горения нужно не только топливо, но и воздух, вернее, кислород, а в более общем виде – окислитель (горение – это тоже окисление.'). И окислитель развивался вместе с топливом. Сначала обычный воздух, потом воздух под давлением, потом – обогащенный кислородом, затем чистый кислород и даже озон, обладающий гораздо большими окислительными способностями, чем кислород. Сравнительно недавно обнаружили «новый» кислород – формула та же, что у обычного, а окислительная способность гораздо выше. Оказалось, что два неспаренных электрона, «отвечающих» за его «жадность» к другим веществам, находятся в «возбужденном» состоянии, что

делает его во много раз активнее. Такой кислород называют синглетным. Следующий шаг в развитии окислителей – использование ионизированного кислорода, плазмы и далее таких могучих окислителей, как фтор.

Изменялись постепенно и методы управления горением. Сначала они были нехитрыми – меняли количество топлива. Затем перешли к управлению подачей окислителя (дутьем), а позднее – введением специальных добавок – катализаторов, которые могут обеспечить совсем непривычные режимы горения, например, вообще без пламени, но с большим тепловыделением (каталитическое беспламенное горение).

В ясный и безветренный день осенью 1871 года в Чикаго вдруг вспыхнули пожары в сотне мест одновременно. Это было настоящее бедствие: погибло множество людей, убытки составили 100 миллионов долларов. Но что было причиной? Версия о поджогах не подтвердилась. Метеориты в большом количестве? Но не нашли ни одного. Обратились к истории и установили, что подобные катастрофы происходили и в прошлом. Некоторые считали, что именно так погибли библейские города Содом и Гоморра. Но наиболее вероятную причину нашли только в наши дни. В лаборатории профессора М.Дмитриева установили, что при определенных атмосферных условиях под влиянием солнечного облучения и грозových фронтов могут возникать зоны с высоким содержанием химически активных веществ – окислов азота, перекиси водорода и других соединений, молекулы которых имеют избыточную запасенную энергию. Эти образования способны светиться, поэтому получили название хемиллюминесцирующие образования – ХЛО. Гипотеза ХЛО объясняет необыкновенно высокую температуру чикагских пожаров – в их огне плавилась стальная детали, а также массовые отравления жителей города. Советские ученые нашли и способ борьбы с ХЛО – навстречу им стреляют градобойными ракетами, начиненными порошками алюминия, свинца.

Но ХЛО можно поставить и на службу людям, например создавать с их помощью «химические» лампы. До недавнего времени такие лампы из смеси перекиси водорода, пирогаллола и формальдегида были неуправляемы: выключить их было невозможно, пока не прореагируют все реактивы. Сегодня удалось создать управляемую лампу. Два вещества соединяются и при этом ярко светятся. Слабый ток, проходящий между введенными в лампу электродами, разлагает получающуюся в результате реакции жидкость на исходные компоненты, которые снова вступают в реакцию. И так до тех пор, пока включен ток. У такой лампы много преимуществ: она не боится тряски, ударов, в ней нет волоска, который может перегореть, да и коэффициент полезного действия у нее выше, чем у любой другой, не нужно тратить энергию на нагрев – свечение холодное!

Одно из распространенных противоречий в изобретательской практике: «Вещество должно быть, чтобы..., и его не должно быть, чтобы...» Или «Вещество должно обладать свойством А, чтобы..., и должно обладать свойством,

противоположным (А (А), чтобы...» Разрешать такие противоречия химия умеет прекрасно. Ведь ей ничего не стоит превратить одно вещество в другое, полностью изменить его свойства.

Увеличить выход нефти можно, разрушив породу, окружающую скважину. Для этого в нее закачивают под давлением концентрированную соляную кислоту. Дело это нелегкое – нужны мощные насосы, чтобы создать давление, достаточное для проникновения кислоты в пласт, а кислота разрушает стальные детали насоса. Нашли выход: в скважину вводятся газы хлор и водород (исходные продукты для получения соляной кислоты) в нужной пропорции, затем происходит электрический разряд, взрыв – и мельчайшие капли кислоты вбиты его силой в породу. Метод простой, эффективный, сложного оборудования не требует, повторять взрыв можно многократно.

В столовых, ресторанах, кафе требуется большое количество мыла для мытья посуды. Нельзя ли обойтись без него? Мыло должно быть, чтобы посуда была вымыта, и мыла не должно быть, чтобы его экономить. Посуду опускают в бак с натриевой содой. Остатки пищевых жиров на посуде реагируют с содой и превращаются в соли жирных кислот – так химики называют обычное мыло. Мыло получается само, жиры исчезают – способ явно близок к идеальному.

Как только не борются с порубщиками елок перед новогодним праздником! Но все равно находятся варвары, которые с топором, тайком пробираются по ночам в пригородный лес, в городские парки и рубят красивые молодые елочки. И вот появилась информация о простом средстве, сберегшем все елочки вокруг небольшого городка: елочки были обрызганы жидкостью, которая при комнатной температуре начинает испаряться с очень неприятным запахом, о чем заранее предупредили жителей. Жидкость не мешает елочке расти, весенние дожди смывают ее без остатка.

У водителя Владимира Третьякова случилась беда: не слил до конца воду из радиатора своего мощного КраЗа, в результате в двигателе появилась трещина – замерзшая ночью вода разорвала блок. Заварить трещину невозможно – сварной шов не выдерживает рабочих температур, давлений и вибраций работающего мотора. Но водитель твердо решил спасти свою машину. Трудно сказать, почему он остановился на эпоксидной смоле. Ею, действительно, можно заклеить трещину, но она «не любит» температурных перепадов. Тогда Владимир добавил в нее измельченную в кофемолке слюду, которая не боится высоких температур, и алюминий, обеспечивающий высокую теплопроводность. Потом начались испытания: Третьяков грел на газе молочный бидон, заклеенный придуманной им пастой. Не сразу он нашел оптимальное соотношение добавок. Но двигатель с (заклеенной им трещиной) прошел еще 365 тысяч километров! Сегодня уже немало двигателей и других устройств, работающих в трудных условиях, восстановлены пастой Третьякова.

Интересно, что Третьякову никак не удавалось заинтересовать своим изобретением специалистов – они считали создание подобной пасты невозможным.

С давних времен известна операция цементации – упрочнения поверхности металла. Для этого тончайший поверхностный слой мягкого железа насыщают углеродом, нагревая его в течение десятков часов в присутствии углерода (древесного угля, толченого рога). После этого деталь подвергается закалке. В результате внутренняя часть детали, не насыщенная углеродом, остается мягкой, пластичной, а поверхностный (несколько десятых миллиметра) науглероженный слой приобретает большую твердость. Цементация – очень полезная операция, ее можно было бы широко использовать и благодаря этому экономить высококачественную сталь, но, к сожалению, она требует много времени и энергии на нагрев.

В 1882 году русский изобретатель Николай Николаевич Бенардос предложил способ электросварки стальных деталей с помощью угольных электродов. Одним из недостатков этого способа было насыщение сварного шва углеродом из электрода, из-за чего шов становился хрупким. И вот возникла мысль – нельзя ли обратить вред в пользу? Электрическая дуга, горящая между угольным (или графитовым) электродом и стальной поверхностью, насыщает эту поверхность углеродом почти моментально и на довольно большую глубину. Такой способ гораздо экономичнее традиционной цементации, хотя окончательно природа этого процесса еще не изучена.

В 1929 году ледокол «Красин» должен был выйти на спасение экспедиции итальянского полярника Умберто Нобиле, пытавшегося, на дирижабле достичь Северного полюса и потерпевшего катастрофу. Перед выходом в море на ледоколе обязательно нужно было сменить несколько броневых листов обшивки, помятых льдом в предыдущем походе. Операция эта сложная, ведь стальные заклепки, крепящие броневые листы, приходится срубать вручную, зубилами. На такую работу могло уйти несколько недель, а время не ждало, люди могли погибнуть в любую минуту. Как же ускорить работу? Советские инженеры вспомнили, что сталь становится менее прочной при попадании в нее кремния. Они предложили прикладывать к заклепкам раскаленный кварцевый песок. После этого металл легко поддавался зубилу. «Красин» вышел в море вовремя.

Самый твердый материал – алмаз. С древних времен люди знали, что его можно отшлифовать алмазным же порошком по граням, но придать ему какую-либо другую форму нельзя. А сегодня делают так: на кристаллик алмаза кладут стальную шестеренку и начинают нагревать. Атомы железа постепенно проникают в алмаз, вырывают оттуда по атому углерода и улетают с ним (образуется летучее соединение – карбонил железа). Процесс идет долго, но постепенно в алмазе возникает определенной формы выемка.

Однажды Изобретатель обошел несколько десятков людей с вопросом, с чем у них ассоциируется слово «химия»? И большинство из них, среди которых были специалисты самых разных профессий, разных возрастов, в том числе и люди без образования, сказали: с пластмассой. Изобретатель хорошо помнил то время, когда не было пластмассовых изделий. Он был еще мальчишкой, когда отец однажды принес пластмассовую вазочку. Ее поставили на видное место – она показалась красивее, чем хрусталь. А нейлоновые рубашки? Такие неудобные в носке, но модные и нарядные? Это сейчас такую рубашку никто не захочет надеть, а тогда за ними гонялись. Но пластмассы, полимеры своих позиций не сдавали. Они окружают нас – от корпуса шариковой ручки до водоземлюсионной полимерной краски на стенках комнаты.

Среди множества ставших уже привычными применений полимеров есть и необычные. Однажды Изобретатель со своими коллегами долго ломали голову: как отправить заказчикам хрупкие стеклянные приборы? Ведь при транспортировке не избежать толчков, ударов – обязательно разобьются! Выручил полимер. Прибор поместили в ящик и заполнили все свободное пространство полимерной пеной. Пена затвердела, прочно охватив со всех сторон хрупкий прибор. Теперь ящиком хоть в футбол играй – ничего не случится!

Использование смазочно-охлаждающей жидкости – СОЖ позволяет вдвое повысить производительность обработки металлов резанием: лучше охлаждается инструмент, да и эффект «разупрочнения» металлов работает. Этот эффект был открыт советским ученым Петром Александровичем Ребиндером и получил его имя. Он заключается в том, что твердость твердых тел понижается в присутствии жидкостей с поверхностно-активными свойствами, например обычной мыльной воды. Жидкость проникает в поры и «распирает» их. В 1956 году П. А. Ребиндер открыл, что аналогичным действием обладают и расплавы некоторых металлов. Но вот появилась полимерная СОЖ, которая повышает производительность резания в десятки раз. В чем здесь секрет? При нагреве длинные цепи полимера разрушаются с выделением углерода и водорода. Атомы водорода диффундируют из горячей зоны в холодную, то есть от сильнее нагретого резца к более холодной детали, вызывая сильное разупрочняющее действие (обрабатывать деталь теперь легче). А атомы углерода идут в сторону большей температуры, то есть к резцу, упрочняя его.

Ученые исследовали процессы горения и вели их скоростную съемку. Однажды в поисках малодымящей смеси (дым мешал съемкам) попробовали поджечь смесь порошка титана с углеродом. Фильм получился отличный, а отходы от сжигания – бесформенные куски, никого не заинтересовали. Но когда спустя много времени все-таки догадались проанализировать их, – изумились. Оказывается, без всяких сложностей получили карбид титана – материал, который с трудом получали в уникальных вакуумных печах! Так родился новый химико-металлургический процесс, получивший название самораспространяющегося высокотемпературного синтеза

(СВС). Выяснилось, что получать новые соединения путем сжигания их в смеси или в атмосфере одного из исходных материалов (например, в азоте) можно достаточно просто. Более того, можно сразу получать готовые детали, спрессовав их из соответствующих порошков и потом сжигая.

Задача 40. Известно, что слой олова предохраняет консервные банки от коррозии, к сожалению, порой слишком хорошо. И валяются выброшенные туристами банки десятки лет, уродуя природу. Правда, на Севере это не проблема: при низких температурах олово рассыпается в порошок, и лишенное защиты железо быстро корродирует. Как защитить от засорения южные края?

Задача 41. Можно ли с помощью химической реакции получить магнитное поле?

СОКРОВИЩА ВОКРУГ НАС

– А вы изобретательские задачи для нас специально подбираете? – спросили ребята Изобретателя.

– Конечно, – отвечал он. – Во-первых, задачи должны быть вам понятны, во-вторых, помогать усваивать школьный курс и, в-третьих (что самое важное), «красивые», в которых результат получается без сложных изменений, почти «без ничего», то есть близкий к идеальному. Ну и, естественно, решаемые.

– А разве ТРИЗ не любые задачи решает?

– Это только философский камень алхимиков может все. Тот, кто утверждает, что для него нет невозможного, – скорее всего жулик. ТРИЗ постоянно развивается, ей становятся доступны все более сложные задачи. Но всегда останутся задачи неправильно поставленные, противоречащие законам природы, глупые, наконец. ТРИЗ не должна решать любую задачу, а вот помочь усовершенствовать любую систему должна. Чувствуете разницу?

– Не очень, – признались ребята.

– Скажем так, ТРИЗ не может решать задачу создания вечного двигателя, но найти способ снизить трение, чтобы двигатель вертелся как можно дольше, в принципе должна. Сегодня в специальных гироскопических приборах добиваются того, что ротор, однажды раскрученный, может не останавливаться неделями.

Но давайте поговорим о красивых задачах. Как вы думаете, почему получаются решения «почти без ничего»? Ведь из ничего и получишь ничего – помните закон сохранения материи? Или мы его нарушаем? – А разве можно нарушить закон природы?

– Нет, конечно. Просто нужные нам вещества, поля, энергию берем не со стороны, а из того, что есть, но никому не пришло еще в голову использовать.

– А мой папа, когда что-то чинит дома, не бежит в магазин за каждой мелочью, а ищет в кладовке, что можно приспособить.

– Верно. Для того чтобы что-то сделать, в первую очередь нужны инструменты. Наши инструменты для решения задач – инструменты ТРИЗ: вепольный анализ, маленькие человечки, понятия идеальности и противоречия, приемы их разрешения. Но нужны еще и материалы. В ТРИЗ таким материалом являются ресурсы – то, что есть под рукой, в системе, которую мы хотим улучшить. Когда система сложная, большая, в ней много чего подходящего можно найти.

– Как у хорошего хозяина, который все сохраняет!

– Примерно. Но у хорошего хозяина все запасы не просто накинаны, как попало, а «разложены по полочкам». Вот и мы сделали нечто подобное. – Изобретатель повесил на доске плакат с таблицей.

– Слова «подсистема», «надсистема» – понятны?

– Подсистема – это, наверное, часть системы?

– Верно. Пример можете привести? Вот часы – система. Какие у нее подсистемы?

– Стрелки!

– Колесики!

– Ремешок.

– Хорошо. А какие подсистемы у автомобиля?

- Двигатель! Корпус! Дверь!
- Как вы думаете, можно сказать: автомобиль состоит из двигателя, корпуса и двери?
- Можно!
- Нет, нельзя! А колеса?
- Хорошо, включим и колеса. А шины нужно включить?
- Не обязательно. Раз сказали про колеса, значит и шины имели в виду.
- То есть шины входят в колеса. Тогда в каком отношении находится шина к колесу?
- Это подсистема колеса.
- Но ведь колесо – само подсистема автомобиля. Значит, для автомобиля это подподсистемы. А надсистема это что?
- В надсистемы входит система, как подсистема – в нее.
- Что такое надсистема для автомобиля?
- Автомобильный парк!
- Автогонки!
- Обратите внимание, что одна и та же система – автомобиль – может входить в разные надсистемы: автогонки, автопарк, транспорт. Давайте нарисуем все это.

Конечно, мы перечислили только отдельные элементы – автомобиля, его надсистем и подсистем. Но даже и в этом случае мы получили непростую схему. И на каждом уровне в этой схеме могут быть свои ресурсы. Мы с вами уже немало задач решили с использованием ресурсов, помните?

- На Дне Знаний вы рассказывали, как во время войны устанавливали пресс. Там мы использовали ресурс – холод, чтобы вода замерзла.
- И воду тоже! Вода – ресурс!
- Хорошо. Вода – это какой ресурс?
- Вещество!
- А холод?
- Энергия!
- А откуда мы их взяли?
- У природы.
- Правильно, из надсистемы. В принципе использовать ресурсы природы выгодно – они дешевы, иногда вообще бесплатны. Кстати, всегда ли хорошо, что ресурсы бесплатны? Правильно, не всегда. Люди привыкают забирать у природы все, ничего не давая ей взамен. А природные ресурсы не бесконечны. Сегодняшняя дешевизна обернется большими потерями в будущем. Еще примеры?
- Парашют выдергивал груз из самолета – энергетический ресурс.
- И только? Помните, нам нужно было, чтобы это выдергивание происходило только после того, как парашют раскрылся. Значит, какой еще ресурс мы использовали?
- Информационный! Не забывайте. Он особенно важен при решении задач на обнаружение, измерение. Еще пример на использование информационного ресурса? – Задача с Круком! Он сам стал информационным ресурсом – передавал, не подозревая этого, информацию.

– Практически любое действие, любой процесс обязательно дает информационный ресурс, по которому можно узнать, что и как происходит. Давайте разберемся, какие информационные ресурсы создает организм человека? По каким признакам можно судить о его работе?

– По звуку! Врач прослушивает сердце, пульс.

– А у меня коленка щелкает, когда приседаю.

– А мне делали электрокардиограмму.

– А еще? Вспомните МАТХЭМ!

– Спортивный врач заставляет делать приседания, а потом меряет пульс. И еще мы дули в спирометр – измеряли объем легких.

– Стучат по колену молоточком, чтобы нога дергалась!

– Да, так врач проверяет работу нервной системы.

– Вы очень мало сказали про звук, – добавил Изобретатель. – У меня учился инженер, работавший в медицинской лаборатории. Он рассказывал, сколько звуковой информации можно получить от человека. Прослушивая его с помощью специальных микрофонов на всех частотах – от инфразвука до ультразвука, удастся установить сотни разных болезней. Ведь все звучит: и кровь, текущая по сосудам и капиллярам, движущийся сустав, напрягающаяся мышца. Конечно, результаты такого прослушивания без ЭВМ не расшифруешь.

– Тепловое поле тоже дает информацию – меряем температуру.

– А я читал, что сегодня сделали тепловизор – вроде цветного телевизора, только разными красками обозначены температуры. Посмотришь с его помощью на человека – и все видно сразу, не то, что с обычным термометром.

– Тепловизор – очень важное достижение, – подтвердил Изобретатель, – по его «картинке» можно обнаружить больной орган, даже диагноз сразу поставить.

– А почему в МАТХЭМ нет биополя?

– В МАТХЭМ вообще приведены не все существующие поля, а только те, которые чаще всего используются. А изобретений с биополем пока не видать. Да и самого биополя тоже. Впрочем, часто биологическими полями называют вполне обычные, известные поля, но создаваемые живыми организмами.

Например, может организм создавать электрические поля?

– Наверно. Вы упоминали электрокардиограмму, она фиксирует электрические поля, связанные с сердечной деятельностью человека. Есть еще энцефалограмма – картина работы мозга в электрических импульсах.

– А магнитные поля организм создает?

– Конечно. Раз есть электрические поля, значит, есть и магнитные. Не всегда можно измерить электрические поля, для этого нужно «подключиться» к внутренним органам, а это иногда невозможно. А магнитные поля свободно проходят через ткани человека, магнитные датчики можно устанавливать снаружи. Но про человека достаточно. Попробуйте привести примеры использования ресурсов времени или пространства. – Есть такой мультик. Лежит на дороге огромный камень. Его пытаются оттащить, разбить – ничего не выходит. Тогда один мужичок выкопал яму и столкнул в нее камень. Пространственный ресурс!

– Действительно. Только здесь даже интереснее, это не готовый ресурс, его (ямы) раньше не было. Пришлось его специально готовить.

– Я видел, как перевозят большие КамАЗы. Ставят на платформы по два, «спинами» друг к другу, а на кузов сверху – третий. Наверное, сначала возили по два, а потом догадались, что можно третий приспособить. А насчет ресурсов времени – я смотрю телевизор и делаю уроки одновременно!

– И результаты, конечно, прекрасные? – спросил Изобретатель под смех ребят. Но юноша ничуть не смутился.

– Еще бы! Я «Семнадцать мгновений весны» видел три раза!

– Знаешь, я этим ресурсом тоже пользуюсь, – сказал Изобретатель. – Только, по моему, гораздо эффективнее – просто не смотрю телевизор. У меня его нет. Старый сломался, а новый не купил. Столько свободного времени появилось!

– Ну, без телевизора скучно, – сказали ребята.

– Решать изобретательские задачи совсем не скучно, во всяком случае, веселее, чем даже в третий раз смотреть Штирлица. Вам ведь интересно решать задачки?

– Интересно, давайте еще!

Задача 42. Микропредохранитель – деталь, похожая на маленький грибок, внутри которого заделана проволока, концы которой торчат наружу. Необходимо проверять герметичность грибка. Делают это просто. Сотню деталей, собранных в кассету, опускают в ванну с горячей жидкостью так, чтобы она полностью покрыла детали. Воздух внутри «грибка» нагревается, и если где-то есть неплотности, вырывается наверх в виде пузырька. Всплыл пузырек – значит, деталь бракованная. Чтобы замедлить всплывание пузырька, используют вязкую жидкость. Но все равно работница, проверяющая детали, может не успеть заметить, от какой из них поднялся пузырек. Отсюда неточность контроля, возможность пропустить брак или забраковать хорошую деталь, низкая производительность труда и высокая утомляемость людей. Какой ресурс здесь нужен для решения проблемы?

– Нужно дополнительное время, чтобы успеть разглядеть.

– Остановить время!

– Проще остановить пузырек! Для этого нужно его сфотографировать.

– Фотографировать кассету с деталями и пузырьками!

– Как вы считаете, решение с фотографированием – хорошее?

– Хорошее!

– Плохое! Возни сколько – пленку проявлять, сушить, печатать снимки. Лучше записывать на видеомэгнитофон! Очень просто!

Просто... Как плохо все-таки ребята представляют себе реально, что такое себестоимость продукции. Сколько этот видеомэгнитофон будет стоить, сколько людей потребуется для его наладки и эксплуатации, причем гораздо более высокой квалификации, чем работницы, приглядывавшие за пузырьками раньше. Но, с другой стороны, откуда им об этом знать? Гораздо удивительнее, что и взрослые специалисты не понимают, что, конечно, современная техника – лазеры, видеомэгнитофоны, ЭВМ и т. п. – это прекрасно, но дорого, ее целесообразно применять только там, где без нее невозможно обойтись, а не там, куда можно «впихнуть». Простое и эффективное изобретательское решение всегда предпочтительнее сложной техники.

– Итак, у нас есть ресурс времени – время после всплытия пузырька, когда мы можем спокойно рассматривать его. Вы предлагаете этот ресурс реализовать с помощью разной техники. А нельзя ли обойтись чем-нибудь попроще?

– А чем? Мы не знаем.

– Допустим, и я не знаю. Назовем то, что мы ищем, икс– элементом. Знакомо вам это понятие?

– Знаем.

– Отлично. Теперь сформулируем, что мы хотим от икс-элемента.

– Чтобы он удерживал пузырьки подольше...

– И прямо над кассетой! Чтобы видно было, чей пузырек!

– Нужно ввести в ванну какую-то преграду для пузырьков.

Например, лист картона. Все пузырьки на нем будут.

– Картон размокнет! И пузырьков не будет видно!

– Значит, нужен прозрачный картон... Да просто стекло!

– Или сетка! С мелкими дырочками... Пузырек за нее зацепится, можно смотреть на него сколько нужно!

– Так и была решена эта производственная задача.

Нам осталось еще поговорить о функциональных ресурсах. В принципе это несложно. Любая машина создается для того, чтобы выполнять какую-то функцию, что-то делать. Но очень часто оказывается, что она может дополнительно делать еще что-то, о чем ее создатели даже не предполагали. Это и есть функциональный ресурс. Например, обнаруживается, что новая мастика для натирания полов – прекрасное средство борьбы с тараканами. Еще примеры. Лет двадцать назад проводились испытания нового судна – газотурбохода «Парижская Коммуна». Дело было в феврале, днепровский лиман и Днепр покрылись льдом. Суда ждали ледокола. Неожиданно они увидели фантастическое зрелище: новый газотурбоход развернулся и пошел через лед вперед кормой с большой скоростью. Лед перед ним раскалывался как будто сам собой. Выяснилось, что при таком движении задом наперед мощный винт работал как насос, откачивая воду из-под льда. Не очень толстый лед зависал в воздухе и проваливался, колосся от собственной тяжести. По реке пошла волна, ломающая лед. Громко гудя, газотурбоход прошел таким образом 28 километров и на всем этом пути очистил от льда реку!

Перед леткой в улья ставят лоток с микроспорами полезных грибов, врагов насекомых-вредителей. На своем брюшке и лапках пчела разносит споры по полю.

Вот сколько ресурсов – помощников изобретателя вы уже узнали. Но это только небольшая их часть. Речь шла в основном о готовых ресурсах, которые бери и пользуйся. А если готового ресурса нет? Что делать? Конечно, можно откуда-то привезти. Только долго ждать, дорого платить за перевозку. Как поступают на заводе, если нужен пруток стали одного диаметра, а есть другого, чуть больше?

– Обточить? Вытянуть до нужного размера!

– Конечно, способов много – нужно обработать, приготовить имеющийся ресурс. Для этого есть не только станки на заводе. Есть и другие инструменты, изобретательские – физические эффекты, например. Мы можем действовать на разные вещества полями, а с помощью веществ изменять поля. Давайте посмотрим, как это делается. Представьте себе, что мы хотим изменить все поля в МАТХЭМ. Как?

– Механическое поле можно превратить в тепловое с помощью трения!
– Или в электрическое поле!
– Любое вещество может превратить тепло в механическое перемещение – расширение при нагреве!

- Механическая мешалка может ускорить химические реакции.
- Электрическое поле создает магнитное и наоборот!
- А как превратить тепло в магнитное поле?

Ребята задумались. Конечно, есть физические эффекты, связывающие тепло и магнетизм напрямую, например эффект Кюри. Так, сталь, нагретая выше точки Кюри, становится немагнитной. Для обычных сталей эта температура довольно высока – 700—900°C, но есть специальные сплавы, у которых она может быть практически любой. Но это материал не школьного курса, ребята его не знают. Конечно, Изобретатель не собирается ограничиваться школьным курсом, особенно когда речь идет о таких важных для изобретательства физических эффектах, но сейчас можно пойти и по другому пути.

– Как преобразовать тепло в магнитное поле, вы не знаете. Ничего страшного. А в какое поле легко превратить тепло?

- В механическое!
- А механическое можно превратить...

– В электрическое, а электрическое – в магнитное! – отвечают ребята, не дожидаясь следующего вопроса.

– Правильно, что не удастся сделать в один прием, можно провести в несколько. Вот на теплоэлектростанции тепло от сгорания газа превращается в механическую энергию расширяющегося пара, потом во вращение турбины турбогенератора, потом – в электрический ток, который создает магнитное поле.

И всюду на пути превращения энергии стоят вещества: газ, пар, турбина, обмотка электрической машины. Сложная цепь. А нельзя ли повысить идеальность этой системы? Как это можно было бы сделать?

- Уменьшить количество преобразований.

– Верно. Например, тепло можно превращать в электричество, минуя механическую энергию – есть такие устройства – термопары. Два разнородных металла соединяют концами, эти соединения называют спаями.

– Знаем! Один спай нагревают, а другой охлаждают, и тогда между ними возникает разность потенциалов.

– Правильно. К сожалению, пока термопары не могут конкурировать с традиционными электростанциями – низкий коэффициент полезного действия, нельзя получить высоких напряжений. Но работа в этом направлении идет: ищут новые материалы, технологии.

ИГЗ: «ЯНТАРНЫЕ» ИЗОБРЕТЕНИЯ

Уже неделю Изобретатель поглядывал на свой стол с некоторым ужасом: на нем постепенно выростала гора книг, папок с подшитыми вырезками, карточек. Еще одна гора росла рядом со столом прямо на полу. Электрические и магнитные поля были основной специальностью Изобретателя, до того как он стал изобретателем, кроме того, их применение сегодня, пожалуй, наиболее перспективная область в изобретательстве. Удивительного ничего в этом нет: в любом веществе есть электроны, ионы, а заряженные частицы – очень послушные и чрезвычайно эффективно работающие «маленькие человечки». Они прекрасно выполняют команды своих главных «начальников» – электрического и магнитного полей, а во многих случаях и других: акустического, теплового, активно участвуют и в химических взаимодействиях.

Как уже было сказано, заряженные частички послушны. Но сначала их нужно «мобилизовать». Проще всего мобилизовать легчайших человечков-электрончиков, свободно гуляющих в металлическом проводнике, физики называют их электронный газ. Они готовы в любую секунду «побежать» по команде электрического поля. А вот в жидкостях «электрические человечки» – положительные и отрицательные ионы тяжелее, менее поворотливы. Правда, пользы от них побольше – они могут переносить вещество. А в диэлектриках «электрических человечков» нужно сначала освободить из оков нейтральных молекул. Роль «освободителей» могут сыграть практически любые поля.

Механика – древнейший способ получения электричества, благодаря ей оно получило свое название. Первое электричество получали, потерев куском шерсти янтарь (по-гречески – электрон). Несмотря на древность, способ не забыт: и сегодня для получения очень сильных электрических полей используются мощные электростатические генераторы Ван-де-Граафа, в которых специальные щетки трутся о быстро бегущую бесконечную шелковую ленту.

Изобретатель поменял на кухне зажигалку для газовой плиты. До этого у него была обыкновенная электрическая, со шнуром для включения в розетку. Новая была без шнура. Изобретатель прекрасно знал, как она устроена, но не удержался и разобрал. «Сердце» зажигалки – два серых маленьких цилиндрика – кристаллы пьезоэлектрического вещества. При механическом воздействии на них (сжатии или растяжении) на их поверхности возникают электрические заряды. Напряжение может быть довольно высоким. Пьезоэлектрические кристаллы работают в лучших микрофонах, превращая звук в электрический сигнал, в динамиках, превращая сигнал в звук.

Наряду со старыми способами получения электричества с помощью механики появились и новые: в современных ветроэнергетических установках ветер теребит большой лист диэлектрика, на поверхности которого вследствие трения о воздух возникают электростатические заряды, которые можно снимать и накапливать. И еще. Если раздробить струю жидкости на чрезвычайно мелкие частички, возникают аэроионы – носители заряда.

Один способ получения электричества с помощью тепла известен очень широко: тепло нагревает воду, превращает ее в пар; пар вращает турбину, связанную с ротором электрогенератора. Но много превращений – большая сложность системы. Нельзя ли превращать тепло в электричество сразу? Над костром висит обычный с виду котелок, в нем кипит вода. Но почему-то от него тянутся провода... Это работает «партизанский котелок», созданный советскими физиками под руководством А. Ф. Иоффе, – источник питания партизанской рации, работающий на термоэлектрическом эффекте, открытом в 1821 году Т. И. Зеебеком.

Оказалось, что если спаять концы двух проводков, сделанных из разных металлов, то при разной температуре спаев по проводам потечет электрический ток. Величина этого тока обычно невелика, коэффициент полезного действия термопары довольно мал. Правда, созданные сегодня полупроводниковые термопары позволили довести коэффициент полезного действия до вполне приемлемой величины. Благодаря им построены передвижные атомные реакторы типа «Ромашка», в которых тепло ядерного реактора превращается в электрическую энергию напрямую.

Аккумулятор, батарейка сегодня известны всем. Так что и химическая энергия напрямую переходит в электрическую. Но, конечно, лучше всего «мобилизует» «электрических человечков» их «родное» электрическое поле. Например, электрическое поле оказывает особое действие на молекулы диэлектриков: оно их «выталкивает», превращает в диполи – молекулы, одна сторона которой заряжена положительно, а другая – отрицательно. Этот эффект называется поляризацией диэлектриков. Диполь очень хорошо поддается управлению того же электрического поля. Интересно также, что процесс «вытягивания» обычно меняет многие свойства диэлектрика: прозрачность, вязкость, размеры и другие. И конечно, эти свойства не остались незамеченными изобретателями.

Мчатся в межпланетном пространстве потоки электронов, протонов и других заряженных частиц, выброшенных Солнцем. Попадая в верхние слои атмосферы, они превращают ее в ионосферу – слой ионизированных частиц. А частицы более высокой энергии проникают в нижние слои атмосферы, ионизируя отдельные атомы и молекулы. Казалось бы, их ничтожно малое количество, но именно взаимодействие заряженных частиц с магнитным полем Земли, ионосферой, с солнечным ветром в значительной степени определяет погоду на планете. Такую гипотезу выдвинул советский метеоролог А. В. Дьяков, и она позволила ему значительно повысить

достоверность прогнозов погоды. Жаль только, что несмотря на успешные предсказания А. В. Дьякова, официальная метеорология не использует его методики. Ведь сначала нужно признать, что прав оказался простой метеоролог из Горной Шории, а не сотни кандидатов и докторов наук, предпочитающих предсказывать погоду «по старинке»...

Главное «умение» электрического поля – «работа» с очень мелкими частицами, предметами. Они легко заряжаются или поляризуются и точно выполняют команды электрического поля. Заряженный поток мелких капелек краски равномерно ложится на поверхность и прочно схватывается с ней. Способность диэлектриков поляризоваться используется при создании искусственного меха: на смазанный клеем слой ткани падают волоски, на которые действуют электрическим полем. При этом они поляризуются, ориентируются перпендикулярно ткани, к которой подведен заряд, а затем притягиваются к ней. В первый момент ткань похожа на сильно изношенную зубную щетку, но уже через минуту на ней «вырастает» густой лес ворсинок.

В холодильной камере висят огромные мясные туши. В обычных условиях туша со временем худеет – часть влаги вымораживается («выветривается»), портится вид мяса, ухудшаются питательные качества. От всех этих бед спасает подведенное к тушам напряжение. Частицы влаги из камеры быстро прилипают к мясу, покрывая его тонкой ледяной коркой, удерживающей влагу в туше. Это изобретение в масштабах страны дает миллионы рублей экономии.

Пламя – это плазма, ионизированный газ – огромное количество «электрических человечков». Значит, можно управлять горением с помощью электрического поля. Действительно, было установлено, что, создав в топке электрическое поле, можно на 10 – 30% повысить коэффициент полезного действия котлов, работающих на твердом или жидком топливе, причем затраты на создание поля совершенно ничтожны. Кроме того, улучшение сгорания топлива снижает загрязнение атмосферы.

Выше было сказано, что прохождение электрического тока в жидкостях сопровождается переносом ионов, микродоз вещества. Это свойство электрического тока широко используется изобретателями. Прележавшую столетия на дне моря пушку подняли на поверхность, аккуратно очистили от выросшей корки и поместили в музей. Но через несколько месяцев пушка потрескалась и рассыпалась на части. В чем причина? Виновниками оказались частицы солей, за долгие годы внедрившихся в поверхность металла. После извлечения из воды разрушение усиливается. Поэтому до недавнего времени единственным способом сохранения подобных экспонатов был... аквариум! Но вот несколько лет назад французские археологи придумали, как «выманить» из-под корки человечков-вредителей. Конечно, с помощью электрического поля, которого должны слушаться ионы солей. Поднятый из воды предмет помещают в

ванну с электрическим раствором, включают слабый ток. Через некоторое время корка сама отваливается, открывая чистую поверхность.

Наросты образуются не только на археологических экспонатах. Обрастают микроорганизмами или другими веществами днища кораблей, портовые сооружения, трубопроводы. В качестве человечков-«защитников» могут выступить пузырьки газа, образующиеся при электрическом разложении воды.

Пузырьки – очень ценная штука! Они необходимы при флотации – обогащении различных руд. Мельчайшие частицы руды, размешанные в воде со специальными добавками, увлекаются пузырьками воздуха, проходящими сквозь воду, и выносятся наверх. Но воздушные пузырьки не очень удобны: их размер трудно регулировать, кроме того, трубы, по которым подводится воздух, часто засоряются. От всех этих неприятностей можно избавиться, если получать пузырьки электролизом, прямо в емкости, где происходит процесс, названный электрофлотацией. Через емкость пропускается электрический ток, вода разлагается, и пузырьки «высаживаются» прямо на частичках руды. Регулировать процесс теперь очень легко изменением тока.

Электроперенос бывает двух видов: электроосмос – перенос частиц жидкости и электрофорез – перенос твердых частиц, находящихся в этой жидкости. Интересно, что твердые и жидкие частицы стремятся к электродам разной полярности, благодаря чему можно их разделять. Это свойство используют при осветлении соков, других пищевых продуктов, когда необходимо убрать твердые частички, сделать продукт прозрачным, без мути.

Скисло молоко – значит поработали бактерии; они создали отрицательные ионы, вокруг которых начали собираться твердые частички. Но если в молоко ввести два электрода и пропустить через них слабый ток, можно собрать все кислые частицы в одном месте, у анода. Это будет готовый творог. А молоко без кислых частиц – снова вполне хорошее и теперь даже в тепле не скиснет в течение нескольких дней – все центры скисания убраны.

На глубине 30 сантиметров под слоем сухой как пыль почвы расположена сетка. Рядом вбивается в землю стальная труба. Между сеткой и трубой создается небольшое электрическое напряжение. Под действием электропереноса влажные частицы из более глубоких слоев земли поднимаются наверх, делая почву пригодной для роста растений. А соли собираются вокруг трубы – дополнительный эффект обессоливания почвы.

В строительстве проблема противоположная: по пористому кирпичу из земли постепенно поднимается вода, стены начинают плесневеть, мокнуть. Но дело поправимо. Прямо в стене пробивают ряд отверстий, закладывают в них электроды, другие вбивают в землю около дома. На первые подают плюс, на вторые минус – и вода начинает уходить. Теперь можно с помощью того же электрического тока ввести в стены частички гидроизолирующего материала, которые надежно закроют поры и навсегда прекратят доступ воде. После этого ток можно выключать – стенам больше вода не грозит.

Электрическое поле умеет «выманивать» не только воду или другие частички, но и атомы электропроводных примесей из твердого кварца. Может вводить лекарство через кожу больного без всяких уколов (про лечебную процедуру электрофорез многие слышали). А геологи размещают на местности электроды-ловушки, извлекающие из-под земли атомы разных металлов и узнают, чем богаты недра, далеко ли богатства залегают, насколько велики. И даже более того, давая большой ток, можно собрать рассеянные в толще земли металлы, обогатить руду прямо в земле, по сути дела, создать искусственное месторождение! Уже проделаны подобные опыты, и такое обогащение обещает быть дешевле традиционного обогащения уже добытой руды на фабриках.

Электрические поля прекрасно работают в газах и жидкостях, но в твердых телах они вне конкуренции. Примеров таких в картотеке Изобретателя очень много, и он долго перебирал карточки с целью отобрать наиболее необычные применения. Всегда считалось невозможным получать изделия из вольфрама путем прокатки – слишком он твердый и тугоплавкий. Приложить большие усилия к нему нельзя – металл просто рассыпается. И нагревать до необходимой температуры сложно – не выдержат стальные прокатные валки. И тогда было предложено пропустить между валками сильный электрический ток. В металле всегда есть микротрещины, примеси, нарушения порядка в кристаллической решетке и другие дефекты. Такие участки обладают повышенным сопротивлением электрическому току, поэтому на них выделяется тепло, причем довольно значительное, в то время как заготовка в целом нагревается мало. Тепло подплавляет дефектные участки и помогает их «залечиванию». Мелкие трещинки исчезают, а более крупные перестают расти. В результате вольфрам хорошо прокатывается.

Между двумя проводниками, по которым течет электрический ток, обязательно возникает взаимодействие. Если токи текут в одном направлении, провода притягиваются, если в разных – отталкиваются. В обычных условиях эти силы невелики. Но если токи текут большие, то и эффект резко возрастает. Вдоль крыла самолета проложены два провода. Раз в несколько минут на них обрушивается разряд конденсатора. На мгновение токи в проводах достигают многих тысяч ампер, провода резко вздрагивают – и тонкая корка намерзшего на крыло льда разрушается. Так

работает электроимпульсная система очистки. Мощность она потребляет небольшую – всего несколько сотен ватт. А ведь раньше на простой электронагрев крыльев при обледенении уходили сотни киловатт. Встряхивание проводников под действием импульса электрического тока может быть очень сильным – с его помощью можно штамповать стальные детали (электроимпульсная штамповка).

Известно, что в твердом теле под действием электрического поля двигаются электроны, а ионы неподвижны. Но оказывается, существуют твердые материалы с ионной проводимостью, так называемые твердые электролиты, в которых ионная проводимость не меньше, чем у некоторых жидких электролитов. Твердые электролиты очень ценный материал. С их помощью можно создавать малогабаритные конденсаторы большой емкости, твердотельные аккумуляторы. Через твердый электролит можно пропускать ионы других веществ, меняя его оптические и электрические свойства, например, сделать прозрачный материал непрозрачным. Изменение оптических свойств под действием электрического поля называют электрохромным эффектом.

Вернемся назад на полтора века. Вольта, Петров, Дэви изучают новое необыкновенное явление – яркое, ослепительное белое пламя, возникающее между угольными стержнями, подсоединенными к мощной электрической батарее – электрическую дугу. Традиционные профессии электрической дуги известны всем: она положила начало электрическому освещению, от нее произошла электросварка.

При размыкании электрической цепи между контактами возникает искровой разряд – искра, ближайшая родственница электрической дуги. Искра для контактов – крайне неприятное явление, она вырывает из них мельчайшие частицы металла, разрушает самые твердые материалы и приводит к выходу из строя оборудования. Пути борьбы с эрозией контактов долго и безуспешно искали во многих странах. Успеха добились советские инженеры супруги Б. Р. и Н. И. Лазаренко. Но главное их достижение оказалось в другом: они догадались, что вредное явление – эрозию контактов – можно заставить приносить огромную пользу. В чем «обвинялась» искра? В вырывании мельчайших частиц металла. Но ведь это прекрасный способ получения очень мелких порошков. И особенно ценен он, если нужно получать порошок такого твердого и тугоплавкого материала, как вольфрам! Но на этом работа инженеров не закончилась. Оказалось, что с помощью искры можно в том же вольфраме получать отверстия самой причудливой формы. Невероятно: мягкий медный инструмент с помощью искры легко проникал в твердый вольфрам. Так родилась электроискровая обработка. И очень вовремя. Шла Великая Отечественная война. На заводе, изготавливавшем авиационные двигатели, в блоках цилиндров нужно было сверлить глухие отверстия малого диаметра, не имеющие выхода насквозь, и нарезать в них резьбу. Иногда метчик – инструмент, которым резьбу нарезают, ломался, обломок застревал в отверстии. Извлечь его оттуда было чрезвычайно трудно, требовалось много часов работы. Испорченные блоки накапливались, занимали производственные площади. Положение спас электроискровой метод: в отверстие наливали масло,

опускали туда электрод квадратного сечения и за полчаса в обломке метчика выжигали квадратное отверстие. Теперь в него можно было вставить специальный стержень и вывернуть застрявший обломок. Если же это почему-то не удавалось сделать, обломок просто выжигали полностью меньше чем за час.

После войны удостоенные за свое изобретение Государственной премии супруги Лазаренко приехали в Молдавию. Руководимый Б. Р. Лазаренко Институт прикладной физики Академии наук МССР широко известен сегодня во всем мире. Здесь развивают и совершенствуют электрические методы обработки металлов, а в последнее время нашли искре и новую работу: обрабатывают фрукты. Искры разрушают межклеточные стенки и увеличивают выход сока. Появился и способ нанесения тончайших покрытий на металлические детали электроискровым способом.

Еще создатель электросварки Н. Н. Бенардос предлагал использовать искровой разряд для повышения плодородия почвы за счет обогащения ее озоном, образующимся при разряде, а также за счет улучшения усвояемости азота. В наши дни предложено с помощью искры уничтожать сорняки, стерилизовать почву, обеззараживать сточные воды.

Огромную силу приобретают искры при разряде в жидкости. Благодаря ее несжимаемости возникает гидравлический удар, способный разрушать самые твердые материалы. В институте сверхтвердых материалов с помощью электрогидравлического удара, получившего имя его изобретателя Л. А. Юткина, превращают синтетические алмазы в порошок. Алмазные порошки, необходимые для изготовления прочных шлифовальных кругов, такой тонкости измельчения не удастся получить никаким из известных способов дробления.

Сегодня зарегистрированы сотни изобретений, использующих эффект Юткина. Нужно очистить поверхность металла от окалины? Поместите его в ванну и поручите заботам электрогидравлического удара. Эффект применяется для обеззараживания воды (мощный удар разрывает оболочки бактерий), штамповки из металлических листов. Используют его и в горном деле: для бурения, дробления и обогащения руд, забивания свай. С помощью электрогидравлического удара можно активизировать химические процессы, обрабатывать почву и еще многое другое.

Задача 43. Трансформаторы некоторых типов для удобства закапывают в землю. Однако при этом резко ухудшается охлаждение корпуса, трансформатор может перегореть. Как быть?

Задача 44. Для опытов и селекционной работы ученым приходится собирать с цветов пыльцу. Это довольно трудоемкая работа. Как ее улучшить?

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

В прошлый раз поговорить после занятия Изобретателю и Физик не удалось – последнего вызвали на совещание. Но накануне следующего урока Физик позвонил и попросил Изобретателя прийти в школу пораньше. Физик встретил его с большим энтузиазмом.

– Знаете, я, кажется, нашел еще одну возможность использовать ТРИЗ в преподавании физики. Дело в том, что на олимпиадах, вступительных экзаменах в институте часто дают задачи «на сообразительность». Их ребята боятся больше всего – неизвестно, как готовиться. Вот, взгляните на эту книжку В. Н. Ланге «Экспериментальные физические задачи на смекалку». Я ее перечитал, большинство задач – типичные изобретательские. Их можно прекрасно решать с помощью ТРИЗ. И самое главное – уметь как можно полнее использовать ресурсы. Вот, например.

Задача 45. Аквалангисту необходимо измерить глубину озера. Но никаких приборов у него нет, кроме обычной цилиндрической мензурки с делениями. Тем не менее аквалангист с задачей справился. Как?

– Действительно, интересная задача, – сказал Изобретатель. – Раз прибора нет, нужно воспользоваться ресурсами. Единственный ресурс – мензурка с делениями. С помощью делений можно определить только объем. Имеем информационный ресурс – измерение объема, а нужно глубину. Значит, нужно найти физический эффект, связывающий глубину под водой и объем. Ну, это просто. Глубина связана с давлением, а давление – с объемом. Давление растёт с увеличением глубины, а объем, занятый воздухом, будет уменьшаться с ростом давления. Значит, нужно нырнуть в воду, держа мензурку так, чтобы сохранить в ней объем воздуха, то есть вверх дном. – Да, это закон Бойля-Мариотта: произведение давления на объем – величина постоянная, – уточнил Физик. – Осталось определить, как пересчитать деления мензурки в глубину. Наверху давление – 1 атмосфера. Десять метров воды – еще одна атмосфера, значит, на глубине в 10 метров воздух в мензурке сожмется вдвое. Получается соотношение:

где l – глубина в метрах; a – число делений, занятых водой; b – число делений, занятых воздухом. Впрочем, для расчета по этой формуле нужно два замера a и b . Можно сделать так, чтобы делать только один. Тогда формула изменится:

где c – длина мензурки.

– В принципе правильно, – сказал Физик, – хотя в ответе формула несколько иная, более точная. Она учитывает плотность воды и величину атмосферного давления.

– Конечно, мой расчет приближенный, для предварительной оценки. Но я убежден, что одно из важнейших достоинств инженера – умение сделать вот такой

приблизительный расчет без особых сложностей. Самое интересное, что в подавляющем большинстве случаев его точности вполне достаточно. Давайте прикинем, насколько моя формула хуже, чем та, что в учебнике. Здесь написано:

Здесь P_0 – давление, γ – плотность воды, g – ускорение свободного падения. Выпишем их значения: $P_0 = 101,3$ кПа; $\gamma = 10^3$ кг/м³; $g = 9,8$ м/с².

Изобретатель вытащил микрокалькулятор, с которым он не расставался с тех пор, как сменил на него логарифмическую линейку, и подсчитал:

– Итак, если $a = b$, то по моему расчету глубина равна 10 метрам, а по точному – 10,35 метра, то есть ошибка в 3,5%. Это много или мало? Как посмотреть. А смотреть нужно так: сравнить точность расчетов с точностью измерений. Мы меряем глубину по делениям мензурки, и ошибка при этом не менее 10%, и то, если деления частые. Если нет – будет еще больше. Да и атмосферное давление колеблется в нормальных условиях процентов на пять, плотность воды зависит от ее температуры, солености, других добавок. Так что можно вполне считать с ошибкой в 3,5% – зато насколько проще расчет! Этому тоже нужно ребят учить.

– Конечно, – согласился Физик.

– А задачка действительно очень хорошая, – продолжал Изобретатель. – Учит думать и учит физике.

– Здесь таких задач много. И я подумал, что для их решения хорошо бы сделать специальную таблицу, в которой отразить связь между разными физическими величинами. Я весь выходной сидел и вот что сделал, – Физик протянул Изобретателю большой лист, разграфленный на клетки. По горизонтали и по вертикали были выписаны различные параметры, а в местах пересечения – в клетках стояли цифры.

– Это – физические эффекты, связывающие параметры, – сказал Физик. — Здесь у меня список разных физических эффектов по порядку. Вот, смотрите, например, мне нужно определить электрическое сопротивление. Оно связано с длиной и сечением проводника, его удельным сопротивлением, температурой, величиной тока, напряжения. Я хочу попробовать с ребятами составлять такие таблицы прямо на занятиях. Пригодится для физики. Но не только. Я у них еще информатику веду, скоро у нас дисплейный класс будет, мы такие таблицы введем в ЭВМ. Нажал пару кнопок – и задача решена! По-моему, это будет полезно и для изобретательства, не так ли?

– Для ребят, безусловно, очень здорово. А вот для изобретательства... – Изобретатель замялся, не желая разочаровывать физика. – Понимаете, там все сложнее. Такие попытки были, и сейчас в разных местах их составляют для синтеза измерительных систем, датчиков. В принципе и это полезно. Но этого часто совсем недостаточно, – говорил Изобретатель, листая книжку Ланге. – Вот смотрите, другая задача...

Задача 46. Необходимо возможно точнее узнать диаметр тонкой проволоки, располагая только школьной тетрадкой в клетку и карандашом. Как поступить?

Физик несколько раз посмотрел свою таблицу, но ничего подводящего не нашел. И очень расстроился.

– Не огорчайтесь, – стал его успокаивать Изобретатель, – подойдите к ней с позиций ТРИЗ.

– Единственный информационный ресурс – клеточка. Ее размер – 5 миллиметров, это довольно точная величина. Но диаметр проволоки, как сказано, очень мал. Если бы он был большим, его можно было бы измерить с помощью клеточек. Ага, противоречие: проволока должна быть толстой, чтобы можно было измерить ее диаметр с помощью клеточек, и должна быть тонкой, чтобы...

– Чтобы удовлетворять условию задачи, – помог сформулировать Изобретатель.

– Хорошо. Как же это противоречие разрешить? Во времени или в пространстве не получается...

– А вы вспомните про системные переходы из таблицы, которую ребятам дали.

– Точно! Вся система наделяется одним свойством, а ее части – противоположным! Толстая проволока из тонких проволочек... Ясно! Нужно намотать проволоку на карандаш поплотнее, виток к витку, чтобы получилось на целое число клеточек, а потом это число разделить на количество витков... Да, а таблица моя не помогла.

– Не расстраивайтесь, таблица ваша очень полезна, этим стоит заниматься. Только работа эта непростая. Ведь кроме тех величин, от которых зависит сопротивление, названных вами, есть и много других, не упоминаемых в школьной программе. Кроме того, следовало бы учесть сам характер зависимости, эффекта. Например, сопротивление металлов линейно возрастает с увеличением температуры. А у хрома при температуре 37°C электропроводность изменяется резко, скачком. Вообще и другие его физические свойства – упругость, коэффициент линейного расширения, термо ЭДС – ведут себя аналогично. И эта аномалия до сих пор не имеет хорошего объяснения. Скачком изменяется и электропроводность газа при пробое. А есть эффекты с очень сложными зависимостями: квадратичными, кубическими и так далее. А еще... Впрочем, идея есть одна, я о ней часто думаю, но времени не хватает заняться вплотную. Понимаете, разных эффектов, закономерностей, законов в физике десятки тысяч. Но ведь большинство их довольно сложны, включают в себя по несколько других. Например, закон Архимеда. Из чего он «состоит»? Во-первых, каждое тело имеет свойство занимать собой какое-то пространство. Два тела не могут одновременно занимать одно и то же место. Во-вторых, на каждое тело действует гравитационное поле. В-третьих, тела имеют разную плотность, то есть по-разному взаимодействуют с гравитационным полем...

– В-четвертых, закона Архимеда бы не существовало, если бы давление в жидкости не передавалось бы равномерно во все стороны – закон Паскаля, – добавил Физик.

– А все вместе – это закон Архимеда! Наверное, можно разобрать на составные части и другие эффекты, закономерности.

– Но зачем? – не понял Физик.– Ведь если их сейчас десятки тысяч, то... Понятно! – воскликнул он.– Это как кирпичи, из которых дома строят. Кирпичи одинаковые, а дома разные! Таких «эффектов-кирпичиков» будет, наверное, и не так много, Во всяком случае, я с ребятами попробую поработать с простейшими школьными эффектами... А чем эта работа будет полезной для изобретательства?

– Одна из непростых проблем сегодня в ТРИЗ – это переход от формулировки физического противоречия к его разрешению. Нередко бывает очень трудно угадать, какой физический эффект может обеспечить выполнение противоположных требований. Как вспомогательный прием мы используем моделирование маленькими человечками – рисуем картинку, стараемся с помощью человечков определить требуемое действие, «построить» из человечков нужный эффект. Вообще-то человечки очень хорошо моделируют простейшие эффекты, которые могли бы стать «кирпичиками»...

Вот такие таблицы – таблицы «эффектов-кирпичей» – наверняка можно будет легко заложить в ЭВМ. Несомненно, найдутся и какие-то закономерности их объединения (строительные законы). Быть может, так удастся открыть и новые, пока неизвестные эффекты. Дополнительное задание. Попробуйте сами составить таблицы физических эффектов, подобные описанным выше. Это, без сомнения, поможет вам лучше понять физику, научиться ее использовать.

Дополнительное задание. Попробуйте сами составить таблицы физических эффектов, подобных описанным выше. Это, без сомнения, поможет вам лучше понять физику, научиться ее использовать.

ДИАЛОГ С ЭВМ

Недавно к нам в «Прогресс» обратились за помощью с радиозавода. Вот какая у них возникла проблема.

Задача 47. При пайке радиоэлементов на печатных платах возникает неприятный эффект: после одной-двух перепаек электропроводная «дорожка» – тонкий слой меди – отрывается от основы, обычно изготавливаемой из пластика. После этого плату уже нельзя отремонтировать. Как быть?

– С чего начнем решение? – спросил Изобретатель.

— А почему они отрываются?

– Какие вы хитрые! Сами узнайте!

– Значит, сначала нужно решить исследовательскую задачу? Как сделать, чтобы при пайке медная дорожка отрывалась? – Да. Только одно уточнение: как сделать, чтобы дорожка **обязательно** отрывалась!

– Ну и задача! Дернуть ее посильнее клещами, вот и оторвется! – это сказал паренек, пропустивший несколько предыдущих занятий.

– Нет, ребята, – терпеливо объяснил Изобретатель, – на заводе никто специально клещами дорожки не отрывает. Это происходит без вредительства. Что-то нам неизвестное отрывает их.

– Икс-элемент!

– Правильно, икс-элемент. Но если в изобретательских задачах икс-элемент может быть и со стороны, то в исследовательских задачах, где все происходит без нашего специального вмешательства, он должен быть из ресурсов! Что у нас есть в задаче?

– Медная дорожка! Тепло!

– Паяльник!

– И еще то, чем паяют!

– Верно, припой в нашем случае сплав на основе олова.

– Еще плата и радиоэлементы!

– Отлично! Ресурсов предостаточно. А теперь попытаемся «вычислить», какой ресурс нам нужен. Давайте воспользуемся вепольным анализом. Что у нас есть? Изделие есть?

– Есть! Это медная дорожка.

– Хорошо. А инструмент?

– Есть. Но мы его пока не знаем.

– А поле есть?

– С ним то же, что и с инструментом.

– Так какая у нас исходная вепольная модель?

– V_1 – медная дорожка и все.

– Что будем делать? Правильно, достраивать веполь. Нужно ввести вещество V_2 и поле Π для отрыва. МАТХЭМ? Какое поле подходит?

– Отрывать лучше всего механическим полем.

– Акустическое тоже подходит.

– Верно. А что у нас есть из полей среди ресурсов?

- Ни механического, ни акустического нет. Только тепло.
 - Плохо. Есть выход?
 - Есть! Нужно получить механическое или акустическое поле из того, что есть, из тепла!
 - А как это сделать?
 - Если дорожку нагреть, она удлинится. Один раз, другой – и она оторвется!
 - Отлично, есть первая гипотеза: дорожки отрываются из-за нагрева. Как ее проверить?
 - Можно взять плату без всего и несколько раз поднести к ней паяльник. Если дорожка оторвется, значит, гипотеза правильная.
 - Считайте, что мы такой эксперимент проделали. Результат – 100 раз нагрели – не оторвалась дорожка.
 - Жалко...– разочарованно вздохнули ребята.
 - Не огорчайтесь. Вы забыли про V_2 .
 - Точно! Что бы это могло быть?
 - Что бы ни было, но V_2 должно быть из...
 - Ресурсов!
 - Правильно. А какие у нас вещественные ресурсы?
 - Олово! Радиоэлемент! Паяльник!
 - Паяльник ни при чем – ведь в эксперименте дорожка не отрывалась!
 - Уберем олово!
 - Но тогда не будет пайки. И ничего не отрывается.
 - Тогда радиоэлемент уберем, а олово оставим.
 - Вот теперь отрывается.
 - Значит, олово виновато! Нашли!
 - Ничего вы не нашли. Вернее, нашли подозреваемого. Но нужно еще «вину» его доказать. Как олово может отрывать дорожку?
 - У олова есть «соучастник» – тепловое поле!
 - Допустим. Что дальше? Не знаете? Это потому, что не представляете, что там происходит. Кто может помочь делу?
 - Маленькие человечки! Можно, я нарисую?
- К доске выходит высокая девушка.
- Это человечки платы,– говорит она.– А эти, над ними – человечки дорожки – меди. Крайний слой человечков крепко держит друг друга. А это человечки олова. Они цепляются за человечков меди, должны тащить их вверх, чтобы дорожка оторвалась.
 - А зачем они это будут делать?
 - Им тепловое поле прикажет.
 - Приказало. Как должны вести себя человечки в тепловом поле?
 - Они расступятся немного. Во все стороны. Но ближние к бедным человечкам оловянные человечки будут толкать их вниз, а не вверх.
 - Я знаю! Нужно не нагревать, а охлаждать! Тогда человечки олова будут стараться сблизиться, стремиться к центру слоя. И нижние потянут человечков меди наверх!
 - Но ведь паяльник нагревает, а не охлаждает!
 - Правильно, нагревает. А потом олово остывает – охлаждается!

- Медь тоже охлаждается. Значит, человечки меди тоже сожмутся.
- Тогда олово должно оторваться от меди, а не медь от платы.
- Это зависит от силы сцепления олова с медью и меди с платой, – вмешался

Изобретатель. – Кто сильнее, тот и перетянет. – А кто сильнее?

- Два металла сцепляются между собой сильнее, чем металл Пластиком.

– Значит, медь и олово держатся друг за друга крепко, ведут себя в тепловом поле по-разному. Это нужно отдельно нарисовать.

На доске появилась новая картинка. Оказывается, человечки олова, охлаждаясь, «загибают» человечков меди. Да это же биметаллическая пластинка! В седьмом классе проходили. Два металла с разными коэффициентами линейного расширения соединены и при нагреве изгибаются. Такая штука в уютке стоит. Гипотеза есть. Как ее проверить? Загибание должно начинаться с краев. А как происходит на самом деле?

- С краев. А потом отрывается дорожка целиком.

- Значит, мы правильно изобрели причину?

- Да.

Всеобщее ликование.

- Между прочим, задача не решена, рано радуетесь. Что нам требовалось?

– Придумать, чтобы дорожки не отрывались. Так это же просто! Нужно паять не оловом, а медью, тогда не будет изгибания.

– Нет, ребята, медью паять нельзя, у нее слишком высокая температура плавления, все детали выйдут из строя, – сказал Изобретатель.

– Тогда подобрать вместо олова сплав, у которого коэффициент линейного расширения будет такой, как у меди, а температура плавления как у олова.

– А это вполне возможно. Меняя содержание различных добавок в припое, можно добиться практически любого коэффициента линейного расширения.

- Значит, это решение давно известно?

– В том-то и дело, что нет! Потому что не знали причины отрыва дорожек. А вот подобрать подходящий припой можно было давно.

– А я предлагаю другой вариант, – сказал радиолюбитель. – Лучше сделать так, чтобы медь даже при изгибе не отвалилась. А то очень трудно во всей стране менять припой. Можно делать «дорожки» не на поверхности платы, а в специальных канавках, из которых медь не сможет вылезти.

– Это тоже хорошее решение, – сказал Изобретатель. – Такие платы известны, их называют рельефными. Медные дорожки в них осаждаются в канавках. Но из плоской канавки медь все равно легко вылезает. Мой коллега, который решал эту задачу, предложил выполнять канавки не плоскими, а в виде «ласточкиного хвоста» – сужающегося сверху клина. Из такого канала медь никуда не денется. Кстати, равнорастягивающийся припой он тоже предложил.

- Значит, мы ничего не изобрели. Все известно.

– Во-первых, изобрели. Вы решили очень трудную производственную задачу, которую долго не могли решить. Сейчас для вас главное – научиться решать, а нерешенных задач вы встретите в жизни сколько душа пожелает. А теперь вопрос: когда вы последний раз видели эффект Лейденфроста?

- Что, что? Чей?

- Лейденфроста!

– Мы такого не проходили... Не знаем...

– Раз не знаете, попробуйте узнать.

– У кого?

– У меня. Вы можете задавать мне вопросы. Но я буду отвечать на них только «да» или «нет». Ну, еще в некоторых случаях, если вопрос поставлен неправильно, – «не могу ответить». Если угадаете, получите приз!

– Плавление!

– Лазер!

– Кварки!

Изобретатель не успевал произносить в ответ «нет», «не то»... Минуты через три стало тихо. Разве угадаешь?

– Конечно, так не угадать, – улыбнулся Изобретатель. – Вы ищете иголку в стоге сена, перебирая каждую соломинку. Вот вы убедились, что очередная соломинка – не то. Ну и что?

– Отрицательный результат – тоже результат, – сообщил кто-то из ребят. – Так часто говорят.

– Да, к сожалению. Только что за этим кроется? Чаще всего – откровенная лень и тупость. Представьте себе, что у вас возможен миллион вариантов, а мы проверили один и получили отрицательный ответ. Это ведь не ответ, а только миллионная доля ответа. Отрицательный результат не менее ценен, чем положительный, только в том случае, если опыт поставлен особым образом – на него может быть только два ответа: «да» или «нет».

Тогда, поставив его и получив «нет» в определенных условиях, мы теперь точно знаем, при каких условиях возможно «да». Помните опыт Майкельсона по измерению скорости света по движению Земли и перпендикулярно ему? Здесь все было спланировано четко: если разница в скорости есть – светоносный эфир существует, если ее нет – не существует. Или другой опыт – наблюдения солнечного затмения в 1919 году. Свет группы ярких звезд должен был пройти в непосредственной близости от Солнца. Измеряли отклонения света от прямолинейного. Если он отклонился на 1,75 угловой секунды, это означало бы, что прав Эйнштейн, его общая теория относительности получала экспериментальное подтверждение. А если отклонение только на половину этого угла, теория относительности – чепуха, Вселенная устроена «по Ньютону». Вот это эксперименты, в которых отрицательный ответ «не дешевле» положительного. Но вернемся к нашему стогу сена. Предположим, что у нас есть прибор, который может только указать, есть иголка в куче сена или нет. Разделим стог на две части и узнаем, в какой половине она осталась. Что дальше делать? Правильно, разделить пополам еще раз. Потом еще раз.

Кстати, сколько раз пришлось бы такую операцию проделывать? Много? Невозможно определить? Вполне возможно. Давайте прикинем, сколько соломинок может быть в стоге, например, по весу. Каждая соломинка очень легкая. Допустим, ее вес – десятая часть грамма. А сколько весит стог?

– Трактор с прицепом везет тонны три. Стог увозят за несколько рейсов, – сказал один из ребят. – Я летом в колхозе на сенокосе работал.

– Хорошо, получается, что стог – это тонн десять. Тогда соломинок в нем 10^8 – сто миллионов. Сколько раз нужно разделить этот стог пополам, чтобы получилась

единица? Погодите, не делите сразу, подумайте сначала. Конечно, нужно составить уравнение:

$$10^8=2^x; 8\lg 10=x\lg 2; \lg 2=0,301, \text{ тогда } x = 8 : 0,301 = 26,5.$$

Смотрите, всего за 26 раз можно дойти до последней соломинки. А по одной брать – сто миллионов! Попробуйте так же подойти к определению физэффекта. Делите ваш «стог» физэффектов пополам, а я буду отвечать вам, в какой он «половине». Возьмем для начала что-нибудь полегче.– Изобретатель написал что-то на бумажке и положил ее на стол чистой стороной кверху.

– Вам нужно определить, какой эффект я записал.

Вопросы посыпались, как из рога изобилия. Но Изобретатель отказался работать в таком шуме.

– Выберите капитана,– сказал он,– пусть капитан отбирает из ваших вопросов наиболее разумные.

Капитана выбрали быстро и поиск пошел целенаправленно.

– Этот эффект связан с электричеством?

– Нет.

– С тепловыми явлениями?

– Да.

– С механическими?

– Да.

Ребята получили очень важную информацию. Оказывается, в неизвестном эффекте связаны тепловые и механические явления. Потребовалось короткое обсуждение, какой следующий вопрос задать.

– Тепловые явления возникают благодаря механическим или наоборот?

Несмотря на то, что вопрос был поставлен не совсем правильно, Изобретатель объяснил, что в данном случае механические явления возникают благодаря тепловым.

Тогда ребята попробовали подойти к делу с другой стороны.

– Можно ли наблюдать этот эффект просто так, невооруженным глазом?

– Да.

– А дома?

– Да.

– В любое время года?

– Да.

Снова пауза. Некоторые ребята снова начали перебирать возможные эффекты. Но капитан вернул их на главную дорожку.

– В этом эффекте участвует вещество?

– Да.

– Одно?

– Не могу ответить! Вот это да! Почему? Не одно? Два или больше? Но тогда Изобретатель ответил бы «нет». Не одно и не больше одного. Противоречие! А может быть, и одно и два? Ну конечно, это одно вещество в двух состояниях! Изобретатель согласно кивнул в ответ.

– Одно из состояний жидкое?

- Да.
- А другое газообразное?
- Нет.
- Значит, твердое?
- Да.

Еще за один вопрос ребята уточнили, что жидкое вещество переходит в твердое. И в результате именно этого перехода возникают механические явления.

- Это что-то со льдом?
- Да.

Но где же дома лед в любое время года? В холодильнике, конечно.

– Да это просто бутылка с водой лопается в морозильнике! – догадался первым капитан.

– Правильно. Эффект называется расширение воды при замерзании. Молодцы! Заслужили приз.

И Изобретатель протянул капитану маленькую книжку В. Н. Ланге «Физики и физические явления».

Книжка пошла по рядам. Ребята ее листали, рассматривали. Потом кто-то вспомнил:

- А эффект Лейнденфроста?
- Ребята играли с увлечением.

Непросто оказалось выяснить, что эффект Лейнденфроста, описанный в подаренной Изобретателем книжке, – это странное поведение капли воды, упавшей на очень горячую сковороду. Лейнденфрост обнаружил, что испарение воды, попавшей на нагретую металлическую поверхность, зависит от температуры поверхности необычным образом. Если она нагрета немного выше 100°C , то капли растекаются по ней и быстро испаряются. Но если температура 400°C и выше, то капелька, упавшая на раскаленную поверхность, отскакивает от нее, как мячик, и начинает «бегать» по ней на паровой подушке. Эта прослойка пара плохо проводит тепло, и «время жизни» капли увеличивается в 100—200 раз!

- И последний вопрос. Как назвать такую игру?
- Вопросы и ответы!

– Ну зачем же мудрить, название придумано две тысячи лет назад, – Физик лукаво посмотрел на Изобретателя.

– Да, еще древние греки придумали дихотомию (в переводе – деление надвое). Вы это проходили в институте и, наверное, постоянно используете? – он повернулся к Физику. Тот вместо ответа засмеялся.

– Потому и не используется, что учили неконкретно и «занаученно». Так что давайте придумаем название более понятное.

- «Да-нет»! Просто «данетки»!

– Ну, эти названия не отражают главного. По-моему, это больше напоминает компьютерные игры. Специалисты по ТРИЗ называют их «Диалог с ЭВМ».

РАЗГОВОР «НА ХОДУ»

Изобретатель торопился, поэтому итоги урока они с Физиком подвели наскоро, пока Физик провожал его к выходу.

– Очень полезная игра, – говорил Физик. – С самых разных точек зрения полезная. Во-первых, это прекрасный способ повторения физики, ведь для поиска они должны вспомнить и отсеять множество эффектов! Во-вторых, они выясняют много разных дополнительных моментов, например, что эффект Лейденфроста можно наблюдать дома, да еще в любое время года!

– Добавьте к этому, что игра учит их запоминать ответы и строить из них единую систему, развивает логическое мышление.

И все это без принуждения! – говорил Изобретатель.

– Интересно, ведь такую игру можно использовать не только на уроках физики!

– Конечно. Никто не мешает задумать какое-то химическое вещество и отгадывать его по свойствам, химическую реакцию, географическое место. А игра старая. Мы еще в школьные времена отгадывали литературных героев. Здесь очень важно ограничение числа вопросов, тогда ребята стараются отбирать из возможных вопросов самые «критические», рассекающие ситуацию. Но об этом мы еще поговорим...

ИГЗ: ВЕЧНО УДИВЛЯЮЩИЙ МАГНИТ

Несколько лет назад Изобретатель готовился к занятию, которое представлялось ему очень трудным: нужно было рассказать первоклассникам о магнитном поле. Он разработал несколько планов, как постепенно подвести ребят к трудной теме, но ни один не пригодился. Когда Изобретатель вытащил из кармана два магнетика и только собрался продемонстрировать ребятам магнитные «чудеса», они закричали: «Знаем, знаем! Магнит, это такая железка, с помощью которой учительница прикрепляет плакаты на доске!» Они с первых дней привыкли к магнитной доске в своем классе, и совсем не удивились рассказу Изобретателя. Он даже расстроился, что ребята так равнодушно отнеслись к такому чуду, как магнит. Ведь магнит, несмотря на свою древность и привычность, все еще продолжает удивлять тех, кто не потерял способность удивляться.

Как закупорить кровоточащий сосуд? В кровь добавляют небольшое количество мельчайшего ферромагнитного порошка, превратив ее в магнитную жидкость. С помощью магнитного поля ее перемещают в нужное место и перекрывают сосуд. Точно так же можно «доставлять» лекарства в точно заданное место человеческого организма.

Проволоку заданного диаметра получают путем протягивания ее через специальное отверстие – фильеру заданного размера. От того, насколько точно выдержаны эти размеры, зависит точность изготовления проволоки. Но фильера недолго сохраняет заданные размеры: проволока постепенно истирает, изнашивает ее. Противоречие: фильера должна плотно обжимать проволоку, чтобы выдержать нужный размер, и не должна плотно обжимать, чтобы не изнашиваться. И вот вместо фильеры проволока пропускается через ящик, заполненный магнитным порошком. Под действием магнитного поля порошок обжимает проволоку, придавая ей заданный размер.

Многие столетия люди пользовались природными магнитами. Но в нашем веке создают искусственные магниты, причем такой силы, какая и не снилась их природным собратьям. Один грамм магнита, созданного на основе редкоземельных элементов, может удерживать груз более 1 кг. Крошечные магнетики, вживленные в организм, удерживают искусственные зубы, парики...

Можно ли намагнитить воду? Учебники физики на этот вопрос отвечают отрицательно. И никто сегодня не может объяснить, почему, пройдя через кольцо магнита, вода приобретает удивительные новые свойства. А их немало. Например, такая вода не оставляет вредной накипи на стенках котлов. При крашении тканей ярче выглядят краски, меньше воды требуется на отмывку после покраски. Затворенный

омагниченной водой бетон гораздо крепче обычного. Омагниченная морская вода не убивает, а наоборот, полезно влияет на растения. В полтора раза повышается производительность алмазного шлифования при охлаждении омагниченной водой. И еще много подобных примеров. Изобретатели не ждут, пока физики объяснят это явление, а ищут ему все новые и новые применения.

Чаще, чем постоянные магниты, в технике используются электромагниты, усилие которых легко регулируется, их можно при необходимости выключить. Ни одна схема автоматического регулирования немислима без электромагнитов. Правда, надежность их ниже постоянных – электромагнит может «выключаться» и случайно, например при обрыве цепи питания. Получается противоречие: постоянному магниту не нужно питание, но его нельзя «отключить», что важно, например, для магнитного крана, используемого для погрузки металлолома; электромагнитный кран легко отключается, но потребляет энергию, кроме того, как было сказано выше, всегда есть риск уронить груз. Красивое изобретение позволило объединить достоинства обоих: груз поднимает постоянный магнит, а для его опускания включается электромагнит, поле которого направлено противоположно полю постоянного и равно ему по величине. На какую-то долю секунды магнитные силы взаимно уравниваются, груз сбрасывается.

Магнитное поле умеет воздействовать не только на предметы, но и на движущиеся электрические заряды, при этом возникают электродинамические силы (силы Лоренца), отклоняющие заряды (или заряженные частицы) от первоначального направления движения. На этом принципе построены установки для опреснения соленой воды, разработанные у нас и в США. В более простой по конструкции американской установке по трубе идет вода, магнитное поле отжимает к стенкам ионы, подлежащие удалению, а в центре образуется зона чистой воды. Остается только разделить потоки, что в общем несложно. Но простота установки привела к некоторым недостаткам. Дело в том, что сила Лоренца тем больше, чем выше скорость движения жидкости, а при больших скоростях движения в жидкости начинаются завихрения, что приводит к обратному перемешиванию обессоленного раствора и выделенных солей. Советские изобретатели придумали, как избавиться от этого недостатка: двигаться должна не жидкость, а Магнитное поле, тогда и сила Лоренца будет большой, и завихрения не появятся.

Серьезная проблема в микроэлектронике – изготовление индуктивностей. Выполнить их, как остальные элементы (конденсаторы, резисторы, транзисторы и т. д.), микроскопически маленькими в поверхностном слое кремниевой пластинки нельзя, индуктивность должна быть достаточно велика, поэтому придумывают специальные безындуктивные схемы, которые довольно сложны, либо используют навесные элементы, что тоже усложняет схему, делает ее менее надежной, увеличивает габариты и затраты на изготовление. Вместе с тем при этом не используется пространственный ресурс – ведь толщина кремниевой пластинки относительно велика

(от полумиллиметра до миллиметра), а «работает» только тончайший поверхностный слой! В теле пластинки вполне можно было бы изготовить индуктивность, правда, для этого необходимо решить три задачи: 1) как пробить в кремнии тончайшее отверстие? 2) как сделать, чтобы это отверстие было спиральной формы? 3) как заполнить отверстие электропроводным материалом?

«Прострелить» кремний можно электрической искрой. Закрутить по спирали «электрических человечков» искры магнитным полем и заполнить отверстие нужным веществом не проблема для электропереноса. Есть и дополнительные выгоды. При разряде движутся не только электроны, но и положительные ионы. У них одинаковый заряд, но существенно разная масса. Поэтому они будут не только двигаться в противоположные стороны, но и по разным траекториям. Получится не один, а два, канала: один – с большим количеством мелких витков («электронный»), другой – с меньшим количеством более крупных витков («ионный»). Выходит, что у нас не просто индуктивность, а еще лучше – два индуктивно связанных контура!

Прекрасный работник – переменное магнитное поле. Правда, теперь его нельзя считать чисто магнитным – изменение магнитного поля порождает электрическое, и наоборот, так что правильнее говорить об электромагнитном поле. В отличие от постоянного переменное поле может нагревать электропроводный материал. Во многих случаях нагрев вреден, как, например, в обмотках электрических машин, с ним борются, вводя специальное охлаждение. Но иногда нагрев необходим. Вот только одно затруднение: чем выше частота, тем сильнее переменное поле «не желает» проникать в металл. С этим недостатком долгое время пытались бороться, а потом догадались, что и его можно использовать. Так была изобретена поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ), обеспечивающая нагрев и закалку тонкого поверхностного слоя. Поверхность детали получалась твердой, а сердцевина мягкой и пластичной.

Высокочастотное поле умеет нагревать не только металл. Многие из нас испытали на себе оздоравливающее действие УВЧ – аппарата ультравысокой частоты, долечивая в поликлинике с его помощью простуженное горло или зуб.

Электрические, магнитные и электромагнитные поля не только прекрасные работники, но и отличные информаторы.

Однажды Изобретателю поставили задачу – разработать установку для контроля остроты игл. Долго думать не пришлось – и здесь выручило электрическое поле. Установка получилась очень простой: игла закрепляется в зажиме, соединенном с источником высокого напряжения, другой электрод которого заземлен. Напряжение постепенно увеличивают до тех пор, пока вокруг острия иглы не начнет светиться белопламенная корона. Свечение очень красиво и хорошо заметно, особенно если притушить свет. Чем острее игла, тем раньше возникает свечение, получившее название «коронный разряд». Во время коронного разряда протекает слабый ток, величина которого зависит от напряжения, давления и состава окружающего газа. Если давление и состав газа постоянны, степень остроты иглы можно определить по

величине напряжения, при котором появляется «корона». Интересно, что «корона» позволяет не только контролировать остроту, но и обеспечивать ее – при разряде атомы металла понемногу уходят с поверхности острия, делая его тоньше. Конечно, это медленный процесс, он не годится для заточки ножей, но особо точные работы, например заточку иглы для электронного микроскопа, от остроты которой зависит его разрешающая способность, можно поручить «короне».

Ионосфера заряжена относительно Земли до потенциала в несколько миллионов вольт. Между головой человека и его ступнями, стоящими на земле – поменьше, около сотни вольт. Правда, ток при этом так мал, что мы ничего не чувствуем. Но то, что недоступно человеку, вполне под силу точному прибору. Оснащенный датчиками напряженности электростатического поля автопилот может вести самолет на малой высоте без риска врезаться в землю.

Электрокардиограмма, энцефалограмма – записи электрической деятельности сердца и мозга давно уже стали постоянными помощниками врача. Много можно сказать и измеряя электропроводность кожи, так называемый кожно-гальванический эффект. Он отражает любое изменение физического состояния, волнения, неуверенность – все это используется в знаменитых «детекторах лжи». Во время операции часто требуется быстро и точно определить просвет артерии или другого сосуда. Для этого у хирурга в одном пальце перчатки миниатюрный магнитик, в другом магниточувствительный элемент. Он охватывает двумя пальцами артерию, и на приборе тут же видит ее размер с точностью до десятых долей миллиметра.

В пламени электрической дуги испаряют крупинку вещества. Ионизированные атомы разгоняются сильным электрическим полем и пролетают мимо магнита. Чем тяжелее частица, тем слабее отклоняется от прямолинейного пути под действием магнитного поля. На этом принципе работает точнейший прибор для определения состава любых веществ – масс-спектрограф.

Задача 48. Для получения сверхчистых металлов их нужно расплавить, однако малейшее соприкосновение расплавленного материала со стенками тигля полностью испортит расплав. Как быть?

Задача 49. Ребята «проходили» изобретение А. С. Попова – первый радиоприемник и знают, что его сердцем является когерер – стеклянная трубочка с металлическими опилками, которые слипаются и становятся электропроводными при прохождении электромагнитной волны. Правда, мало кто знает, что открыл это явление и изобрел когерер французский физик Э. Бранли. А где может быть использовано это явление?

УДАРИМ ПО ИНЕРЦИИ

За стеной раздался звон.
В комнату ворвался Джон.
По полу вода бежит,
Под окном раскрытым
Мери мертвая лежит
На стекле разбитом...

– Ребята, разъясните ситуацию – что произошло в комнате?

Не знаете? Тогда задавайте вопросы.

– В режиме «Диалог с ЭВМ»?

– Да. Только сначала несколько соображений вам в помощь.

Вы понимаете, что мы не развлекаемся, а занимаемся серьезными вещами. Мы учимся решать исследовательские задачи. А они бывают очень разные. Пока мы работали с хорошо поставленными задачами типа отрыва контактов. Там было ясно, что происходит, нужно было только понять, почему. Обычно такой ясности нет, возникает масса вопросов, для ответа на них нужно ставить эксперименты – осмысленные вопросы природе. Этому мы и учимся, решая ситуационные задания, то есть расшифровывая непонятные ситуации, восстанавливая недостающие звенья. При этом не забывайте выявлять ресурсы, особенно информационные, пользуйтесь понятием идеальности, приемом обращения исследовательской задачи, формулируйте противоречия. И старайтесь решить задачу как можно меньшим числом вопросов.

Ребята быстро выбрали капитана и посыпались вопросы:

– Смерть Мери вызвана естественными причинами или последовала от каких-то насильственных действий?

– Естественными.

Хороший вопрос. Он сразу отменил целый ворох гипотез, связанных с разного рода покушениями, нападениями...

– Это она разбила стекло?

– Нет.

– Она пила воду и захлебнулась? – Нет.

...Около тридцати вопросов задали ребята, пока выяснили, что Мери – это золотая рыбка, погибшая из-за того, что порывом ветра распахнуло окно, и створка ударила по стоявшему на подоконнике аквариуму.

– Хорошо. Но многовато все-таки лишних вопросов. Давайте теперь, зная ответ, определим кратчайший путь к нему.

Идет обсуждение. Так вырабатывается стратегия поиска, формулируются общие правила. Вот они.

1. Ситуационные задания нужно превращать в исследовательские задачи, а потом – в изобретательские с помощью приема обращения: заменой вопроса «как объяснить?» на вопрос «как сделать?»

2. Разобраться с имеющимися в задаче, как правило, информационными ресурсами, обычно умышленно упоминаемыми в условии вскользь, отсортировать с помощью вопросов те, которые имеют отношение к решению, от тех, что введены в

задачу с целью ее усложнения (лишняя информация, мешающая поиску, всегда содержится в реальных задачах, поэтому она вводится и в ситуационные задания).

3. Использовать для построения гипотез инструменты ТРИЗ: идеальность, противоречия, вепольный анализ.

4. Сформулировав гипотезу, необходимо спланировать «эксперимент» – вопрос, который даст однозначный ответ и разделит поисковое поле на части. Здесь может помочь вепольный анализ, потому что часто получается, что эксперимент – задача «на обнаружение».

Задача 50. Очень красивая женщина, плохо разбираясь в правилах дорожного движения (у нее даже не было прав на вождение автомобиля), остановилась на железнодорожном переезде, что строжайше запрещено для всех видов транспорта, развернулась и, не обращая внимания на знак одностороннего движения, двинулась в противоположном направлении. Все это происходило на глазах полисмена, но он не реагировал на это. Почему?

С этой задачей ребята провозились довольно долго, на ответ вышли практически случайно – нарушения не было, потому что женщина шла пешком.

– Почему задача оказалась такой трудной?

– В условиях задачи сказано о правилах движения, о правах. Мы думали...

– Действительно, задача специально так поставлена. Над вами подшутила психологическая инерция. Точно так же она постоянно шутит над изобретателем, ученым. Вот какую историю я прочитал в одном из номеров журнала «Техника и наука». Всегда, с самых первых дней авиации самолеты садились на аэродром против ветра – при этом укорачивается пробег, облегчается посадка, так как встречный ветер увеличивает подъемную силу крыла, что позволяет подходить к земле на меньшей скорости. Но посадка против ветра зачастую удлиняет путь самолета над аэродромом на десятки километров, потому что приходится делать круги, выбирая направление посадки в зависимости от направления ветра. Растет расход горючего, усложняется работа диспетчеров и летчиков. «Поистине поразительная сила инерции мышления! – пишет корреспондент. – Авиация разменяла восьмой десяток лет, эру поршневых самолетов сменила эра реактивных, на линии вышли мощные воздушные лайнеры, для которых помощь ветра уже не имела значения. И все же действуют «по старинке». Экономия от внедрения простейшего предложения садиться независимо от ветра составила за год свыше 18 миллионов рублей! Сокращение времени полетов условно прибавило на линии Аэрофлота дополнительный самолет типа ИЛ-62!

– А можно привести еще пример психологической инерции? – спрашивает высокий юноша в очках – «книжный червь» Миша, как потом охарактеризовал его Физик. – Я вчера купил книгу «От мечты к открытию». Ее автор – Ганс Селье, он пишет о том, как стать ученым. Очень интересно.

– Не сомневаюсь. Селье – крупнейший ученый нашего века, он открыл «стресс» – то, что сегодня называют «болезнь XX века».

– Да, вот я как раз хотел рассказать о том, как он этот стресс открыл. Однажды студентам-медикам, среди которых был и Селье, показали несколько больных, которых по одному приглашали в аудиторию, где их расспрашивал профессор. Все пациенты

жаловались на недомогание, потерю аппетита, у некоторых был жар. Профессор перечислял характерные признаки каждой болезни (они были разные). Но из-за того, что болезни у пациентов только начались, эти характерные признаки было весьма трудно увидеть. Поэтому Селье обратил внимание не на различия в признаках болезни, а на их схожесть. Он сформулировал их про себя как признаки недомогания вообще.

– Верно. Из этого потом выросла теория стресса.

– Да. И еще Селье написал, что ему удалось это общее увидеть, потому что это были его первые пациенты и его взгляд еще не был задавлен достижениями современной медицины – то есть психологической инерцией! Вот ему повезло, да?

– Молодец, ты все верно подметил. Только дело здесь не просто в везении. Как ты думаешь, сколько еще студентов наблюдали тех больных вместе с Селье? А открытие сделал он один, потому что сумел преодолеть психологическую инерцию. Почти про всякого крупного ученого или изобретателя можно сказать, что секрет их успеха в немалой степени в умении не поддаваться инерции.

– Эх, избавиться бы всем от этой инерции раз и навсегда! Вот было бы здорово! Таблетку такую придумали бы...

– Не советую. Людей, у которых нет совсем психологической инерции, хватает. Только жить им приходится в специальных «домах, откуда их не выпускают.

– Это сумасшедшие?

– Да. Человек совсем без инерции – ненормальный. Инерция очень часто просто необходима, она помогает во всех делах, где нужны определенные навыки. Нельзя же каждый раз по-новому есть, отпирать дверь, надевать туфли. Для того чтобы стать творческим человеком, совсем не обязательно терять разум, нужно научиться инерцией управлять: по своему желанию ее включать и отключать, ослаблять, направлять в нужную сторону. В ТРИЗ есть ряд приемов, помогающих это делать. С некоторыми из них вы уже знакомы. Помните?

– Метод маленьких человечков! ММЧ!

– Верно. Он заставляет разбираться, что происходит на самом деле, увидеть процесс по-новому. Еще? Забыли? А формулирование идеального решения? Ведь оно заставляет искать решение в необычном направлении. Есть и еще приемы. Например, «шаг назад от ИКР». ИКР – это идеальный конечный результат, так в АРИЗ называется идеальное решение.

Задача 51. Испытания погружных (то есть работающих под водой) электродвигателей происходит следующим образом. Двигатели устанавливают на специальный поддон – решетку и опускают ее на дно испытательного бассейна. Затем подключают кабели, заливают воду и проверяют, нет ли где замыканий. Но заливать воду при каждом испытании, а потом ее сливать в канализацию нельзя – слишком большой расход воды. Можно, конечно, сделать второй бак и сливать в него воду, но по ряду причин использовать для этого насос нежелательно. Как быть?

– Начните решение с того, что нарисуйте в воображении идеальную картину, как все должно быть.

– Это просто. Идеально – никакого насоса нет, а вода сама заливает двигатели.

– Хорошо. А теперь представьте, что вода залила, но не совсем. Чуть-чуть не хватает, буквально полмиллиметра, на один шаг от идеальности отступили. Как быть?

– Долить со стороны? Нет, это нарушает идеальность. Вода сама должна подняться на эти полмиллиметра. Ясно! Достаточно что-то бросить в воду – и ее уровень поднимется!

– Неплохо. В принципе близко к тому решению, которое мы свое время нашли. Но у нас, пожалуй, остроумнее получилось. Воду ведь можно вытеснить не только твердым телом, но и...

– Другой жидкостью!

– Или газом! Просто воздухом!

Через несколько минут на доске была нарисована схема: ниже испытательной ванны расположен дополнительный бак, наполненный водой, закрытый наглухо крышкой и с помощью трубы соединенный с ванной. В отверстие дополнительного бака от имеющейся в цехе магистрали подается сжатый воздух, быстро вытесняющий воду в ванну, – и двигатели залиты. После окончания испытаний вода самотеком уходит в бак.

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

– Конечно, разгадывать ситуационные задачи интересно, полезно – отрабатывается исследовательское мышление. Но где их брать? Ведь те, что вы дали сегодня, завтра будет знать вся школа, и, будьте уверены, они еще много лет будут ходить из класса в класс.

– Во-первых, таких задач много, я вам покажу мою подборку. А во-вторых, их очень легко делать. Берете любую ситуацию и извлекаете из нее какие-то элементы. Задача в том, чтобы их восстановить. Да и обычные задачи можно самому конструировать. Для «затравки» годится любой физический эффект.

– Например, таяние льда. Как этот эффект превратить в задачу? Изобретатель задумался. Потом сказал:

– При решении задачи мы идем от ее условия к противоречию, а затем к его разрешению. А здесь нужно пройти этот путь наоборот. Лед растаял – этот эффект может быть разрешением противоречия типа «вещество есть – вещества нет». Скажем так: вещество должно быть, чтобы производить какое-то действие, и его не должно быть, чтобы не мешать другому действию. Теперь нужно придумать эти действия. Что может делать лед?

– Давить на что-то. Удерживать. Придать твердость. Разное может.

– Отлично, начнем с последнего. У нас есть что-то мягкое, и это для нас плохо. Например, нужно просверлить резиновый шланг – наделать в нем отверстий. А шланг мягкий, сверлится плохо. Вот тут-то и пригодится твердость льда – нальем внутрь воды, заморозим – и можно сверлить сколько душе угодно.

– Это здорово. Но речь шла об эффекте не замерзания льда, а таяния. – Конечно! Ведь потом лед из шланга нужно удалить! Вот он и растает, а вода выльется. А вот другая задача. Что-то нужно удержать, чтобы не развалилось, не рассыпалось, и не нужно удерживать, чтобы не занимать места, не мешать. Например, нужно установить куда-нибудь маленькую пружинку. Пальцами или другим инструментом не возьмешь, потому что перед установкой придется отпустить – она и вырвется. А со льдом – все просто. Вморозили пружинку в лед, установили, потом лед растаял, вода вытекла, а пружинка на месте.

– А такой эффект: магнит притягивает железку. Как его превратить в задачу типа «диалог с ЭВМ»?

– Например, так. Жулик скопировал ключ, но, сколько ни пытался, не мог открыть замок. Почему? Настоящий ключ еще и намагничен, чтобы отодвинуть последнюю задвижку.

– Убедили. А такой вопрос: можно эти задачи давать шестиклассникам?

– Я давал. Если не нужно сложной физики, они хорошо решают. Но им очень трудно работать систематично. Чтобы их немного приучить к этому, я сначала давал более простые задачи, например отгадать задуманное число. Здесь тактика «деления пополам» – единственно возможная и работает четко: задуманное число больше тысячи? – Нет. Больше пятисот? – Нет. Больше двухсот пятидесяти? – Да. Меньше трехсот семидесяти пяти? – Нет... И так далее. Еще очень хорошо идут разминочные упражнения типа: «Человек ехал в троллейбусе и вышел, не доехав две остановки до своей. Почему?» Причины могут каждый раз меняться: увидел знакомого и вышел,

троллейбус пошел в парк, не было билета – вошел контролер, решил прогуляться и т. д.

– А я тоже придумал задачку: летит стая напильников с запада на южный полюс. Что они будут делать, когда прилетят?

– Южный полюс Земли? – Нет.

– Значит, магнита. Все ясно. Прилетят, прилипнут, будут висеть. Так? А знаете, почему я так быстро решил вашу задачу?

– Я не вовремя ее дал. Только что говорили о магнитах, легко догадаться.

Получилось у вас психологическая инерция, только полезная.

– Да, об инерции. У меня на работе начинаются горячие денечки, я некоторое время не смогу к вам приходить. Попробуйте с ребятами еще позаниматься борьбой с ней. Материал у вас есть – в книгах по ТРИЗ.

– Я, конечно, все это прочел, но давайте наметим, что я должен делать.

– Лучше всего начать с метода числовой оси. Правда, вы о таком методе еще не читали, но он очень схож с оператором РВС – размер, время, стоимость. – Да, я помню, речь шла о снижении психологической инерции путем увеличения или уменьшения этих параметров. А потом смотрели, не станет ли легче задача, не проглянет ли решение.

– Да. Но «раскачивать» можно не только размеры, время, а практически любой показатель системы. Вот, помните, во время нашей первой встречи я давал задачу на закон Архимеда?

– Это с гирей в лодке? – Да. Там была пудовая гиря. А теперь поработаем с числовой осью. Допустим, что наша гиря из звездного вещества – крупинка, которая весит миллион тонн...

– Действительно, так легче решать. Пока она была в лодке – вытесняла миллионы тонн, лодка глубоко погрузилась, огромная такая... А как выкинул эту песчинку за борт – лодка всплыла, а песчинка, конечно, сколько может вытеснить? Да ничего! Значит, уровень понизится.

– А если из лодки выбросили блок пенопласта весом в пуд – что будет с уровнем воды в пруду?

– Это просто. Блок будет плавать, значит, вытеснит количество воды, равное своему весу, как и вытеснял, находясь в лодке. Уровень не изменится.

– Один совет при работе с числовой осью. Не нужно торопиться изменять параметр сразу до бесконечности. Лучше это делать постепенно, сначала увеличить раз в десять, потом в сто, тысячу, миллион... Уменьшить в десять раз, сто, десять тысяч, до нуля, сделать величину отрицательной. И каждый раз внимательно смотреть, не появилось ли новое качество.

– Но если речь идет, например, о длине, как ее сделать отрицательной?

– Не знаю. Но попробовать представить, что это такое всегда полезно – прекрасно снижает инерцию. Прогонка по числовой оси – это еще не все. Любая задача ставится с какими-то ограничениями: техническими, физическими, человеческими. Причем иногда они оговорены, иногда подразумеваются, а часто мы автоматически считаем, что они есть, а на самом деле их не существует. Во всех подобных случаях очень важно рассмотреть действительные или мнимые ограничения, представить, что будет, если их снять. Например, наш объект работает при земной силе тяжести, в земной

атмосфере, а что будет на Луне? Или в космосе? При давлениях в тысячи атмосфер? Под водой, под землей? А если этой машиной будет управлять не человек, а разумный осьминог?

– Напоминает метод профессора Арнольда.

– Да, много общего. А вот еще один метод – выявление ресурсов путем обнаружения скрытых свойств разных объектов. Еще Гегель говорил, что одна и та же вещь может по-разному выглядеть в разных системах. В. И. Ленин пояснял это положение примером: стакан в разных системах связей обнаруживает большое количество свойств, качеств, сторон, взаимоотношений; это и стеклянный цилиндр, и инструмент для питья, и предмет с художественной резьбой и рисунками и т. д. Есть такая задача: уравновесить весы так, чтобы они через некоторое время сами вышли из равновесия, используя в качестве разновесов карандаши, гирьки, резинки, вату, свечу, соль, песок, спички, пластилин. Решение этой задачи зависит от нахождения скрытого свойства одного из разновесов – свечи. Основное ее свойство – гореть и освещать, а скрытое – терять при горении вес. Кстати, это не единственное ее скрытое свойство. Вспомните, какие еще?

– Свеча легко плавится, значит, она может легко изменить свою форму. Если натереть свечой поверхность, по ней легче скользить.

– Натертое свечой стекло не запотеет. Свечу можно использовать для окуривания.

– Кстати, известны случаи отравления свечами!

– Вот видите. А еще с помощью свечи можно определять направление ветра, удалить из замкнутого объема кислород... Да много еще чего можно! Умение выявить скрытые ресурсы очень полезное. Один мой коллега подал более сорока заявок на изобретения, используя ресурсы одного эффекта: плавление – затвердевание.

– Эти методы действительно интересны, но вы совсем не упомянули целую группу методов психологической активизации, а ведь они специально были созданы для преодоления психологической инерции.

– Безусловно, об этих методах нужно ребятам рассказать: о «мозговом штурме», «синектике», морфологическом анализе. А начать разговор о них лучше всего с метода фокальных объектов. Вы уже думали, как его давать ребятам?

– Наверное, не стоит особенно вдаваться в теорию. Собственно, ее и нет. Просто предложу выбрать любой объект для совершенствования.

– Могу поспорить, что они назовут авторучку или очки (глядя на вас), в крайнем случае – окно, дверь, стол. Много раз проверял, можете им еще раз продемонстрировать психологическую инерцию – напишите заранее эти слова на листке бумаги.

– Попробую. Потом попрошу достать какую-нибудь художественную книгу (они всегда с собой таскают книги), ткнуть пальцем в любую страницу и назвать с десяток существительных.

– Эти существительные хорошо выписать в ряд в верхней части доски – она у вас широкая. Разделите доску на части вертикальными линиями и пригласите добровольцев из ребят. Пусть каждый возьмет по одному слову. Устройте соревнование – кто быстрее напишет к нему десять определений – прилагательных, относящихся к данному существительному.

– Отлично. Они у меня разделены на бригады для проведения лабораторных работ. Вот и вызову по одному из каждой, получится соревнование между бригадами. Только будут подсказывать своим.

– Ну и пусть. Вы это им официально разрешите.

– Представляю, какой шум будет!

– Ничего. Ваши коллеги, по-моему, уже к этому привыкли. Кстати, при подведении итогов соревнования нужно учитывать оригинальность придуманных ребятами прилагательных. После этого вы сами можете по очереди «подставлять» прилагательные к выбранному для совершенствования объекту и вместе с ребятами оценивать, что получается. Я вам для примера зачитаю стенограмму одного такого занятия. «Фокальный» объект – кастрюля. Цель работы – расширение ассортимента продукции завода, повышение спроса на продукцию. Случайные объекты (взяты из словаря): дерево, лампа, кошка, сигарета. Признаки случайных объектов:

Дерево: высокое, зеленое, голое, срубленное, сгоревшее, молодое, генеалогическое, чахлое, железное, хлебное, пробковое, красное, черное, с ободранной корой, с толстой корой, с корнями, раскидистое.

Лампа: электрическая, разбитая, светящаяся, настольная, электронная, паяльная, волшебная, матовая, цветная.

Кошка: живая, игривая, пушистая, сибирская, царапающаяся, голодная, злая, полосатая, нюхающая, мяукающая, дикая, домашняя.

Сигарета: вредная, с фильтром, отсыревшая, брошенная, дымящаяся.

Присоединяем к фокальному объекту признаки случайных объектов. Получается: голая кастрюля, пробковая кастрюля, кастрюля с корнями, электрическая кастрюля, разбитая кастрюля, нюхающая кастрюля, мяукающая кастрюля, дымящаяся кастрюля, кастрюля с фильтром... Развиваем полученные идеи. Кастрюля с корнями – кастрюля с вделанной в нее теплоизолирующей подставкой. Разбитая кастрюля – разделенная на секции, в которых можно готовить несколько разных блюд. Нюхающая кастрюля – кастрюля с индикацией момента подгорания (в сочетании с мяукающей). Кастрюля с фильтром – со специально вделанной шумовкой для снятия пены и т. д.

– Неплохо. Я это обязательно использую.

– Ну и отлично. Не забудьте только объяснить, откуда взялось название метода – фокальных объектов.

– Конечно. Название связано с тем, что мы совершенствуемый объект, например кастрюлю, все время держим в «фокусе» нашего внимания, как звезду в фокусе телескопа.

ИГЗ: «КЛЮЧИ К ИЗОБРЕТЕНИЯМ»

Решая с ребятами задачи с помощью вепольного анализа, Изобретатель всегда предупреждал, что поиск недостающих элементов при достройке веполя нужно начинать с перебора полей. Почему? Да потому что изобретательских полей совсем немного, почти все они вместились в короткую аббревиатуру МАТХЭМ, а веществ – миллионы. Если их все перебирать... Страшно подумать. Но есть среди них особенные, служащие ключами к интереснейшим решениям. О них непременно нужно ребятам рассказать. Собственно говоря, о некоторых веществах Изобретатель уже рассказывал: об использовании льда, ферромагнитных порошков и магнитных жидкостей; кратко упомянул об активированном угле, твердой углекислоте (сухом льде)... Теперь нужно остановиться на этом подробнее. С чего начать? Ребята обожают взрывы – начнем с взрывчатки.

После войны на складах осталось огромное количество неиспользованного пороха. Возникла проблема: срок хранения истекает, дальнейшее хранение опасно, а уничтожать жалко, ведь на его изготовление было затрачено много труда, материалов. Почему бы его не применить в народном хозяйстве, ведь взрывать нужно много? Но беда в том, что порох не детонирует, а горит, причем по сравнению с другими взрывчатками довольно медленно. Взрыв получается тогда, когда вся масса взрывчатки реагирует (детонирует) практически мгновенно, а это зависит от скорости распространения давления в ней. Порох – мягкая, пористая масса, энергия давления не передается быстро в разные стороны, а гасится. И вот однажды инженер Н. М. Сытый проделал очень странную вещь. Он взял ведро с порохом и налил в него воды. Но ведь всем известно, что мокрый порох не горит. А почему, собственно говоря? Кислород воздуха ему не нужен, у него есть свой, входящий в его химический состав. Не горит потому, что в воде его невозможно поджечь. А нельзя ли взорвать? Порох в воде – это не просто «каша». Вода несжимаема, и энергия взрыва в воде рассеиваться не будет, значит, порох должен взорваться от детонации. Такой был замысел. И совершенно «бредовая» идея подтвердилась! Сначала мокрый порох использовали для корчевки огромных пней: сверлили в них отверстия диаметром 2-4 сантиметра и глубиной сантиметров тридцать, насыпали порох и заливали водой. Затем подрывали небольшим количеством тротила, пень разлетался вдребезги. Потом с помощью пороха стали рыть траншеи. Ехал трактор, оставлял после себя небольшую канаву. В нее закладывался порох, водой он пропитывался сам – в земле ее много. Потом взрывали небольшой заряд в начале канавки – и готова траншея метровой глубины длиной в километр!

Из взрывного генератора выбрасываются две невзрывчатые жидкости: горючее (керосин) и окислитель (четыреокись азота), которые в смеси образуют сильную взрывчатку. Для взрыва в смесь периодически впрыскивается капля третьей жидкости – инициатора. Взрывы гремят до 20 раз в секунду, и взрывной бур углубляется в землю. Раздробленную породу выбрасывают вверх взрывные газы. При бурении в

твердых породах скважин диаметром 300-400 миллиметров скорость проходки до 30 метров в час!

Из сводки Совинформбюро: «5 июля 1943 года. 8 самолетов ИЛ-2 сожгли ПТАБами 16 танков противника». Фашисты как огня боялись «черной смерти» – так они прозвали наш знаменитый штурмовик ИЛ-2, самый массовый самолет войны. Но и ему нелегко было поразить вражеский танк: для этого нужно попасть в него стокилограммовой фугасной бомбой. Скорость самолета над полем боя была довольно высокой, легко можно было промахнуться, а всего таких бомб взять в боевой вылет ИЛ-2 мог только 4 штуки... И вот в 1942 году советский изобретатель И. А. Ларионов предложил новую противотанковую авиабомбу (ПТАБ) весом всего около килограмма. Самолет теперь мог взять четыре сотни таких бомб, и достаточно было хотя бы одной попасть в танк, чтобы тот вышел из строя. Секрет ПТАБ, очень строго охранявшийся до начала Курской битвы, заключался в том, что она была снабжена кумулятивным зарядом. Это обычный на вид цилиндр из взрывчатки с одной особенностью: на торце заряда имеется выемка в виде конуса, скрытого тонким слоем металла. При взрыве заряда конусная выемка играет роль линзы – фокусирует энергию взрыва в очень узкий луч. Открыт кумулятивный эффект был еще в прошлом веке, тогда и начались первые попытки его использования. Но для широкого применения необходимо было разобраться в природе этого странного явления, создать методики то расчета. Эту работу выполнил академик М. А. Лаврентьев, оказалось, что в кумулятивном луче давления достигают совершенно фантастических величин – 600 миллионов атмосфер. Лаврентьев предположил, что при таком давлении взаимодействие заряда с преградой, например броней танка, теоретически описывается как взаимодействие двух струй жидкости! Вначале идея показалась артиллеристам-взрывникам столь странной, что Лаврентьева не хотели слушать. Но эксперименты доказали его правоту. Кумулятивная струя (такое название точнее, чем луч) движется со скоростью до 90 километров в секунду и моментально «прокалывает» любую броню. Сегодня кумулятивный эффект нашел себе и мирное применение. С его помощью можно быстро прорезать толстую металлическую балку или бетонную трубу, пробить отверстие...

Уже было рассказано, как с помощью электроискровой обработки удаляли обломки сверла или метчика из отверстия. А вот другая технология: в отверстие пипеткой капают каплю бризантной (дробящей) жидкой взрывчатки. Электрическая искра вызывает взрыв. Мелко раздробленные кусочки инструмента вылетают наружу, а деталь, сделанная из более мягкого материала, чем инструмент, остается невредимой.

А можно ли произвести взрыв внутри человека? Конечно, с Мирными целями. Оказывается, можно. Одна из тяжелейших болезней – появление во внутренних органах «камней», образующихся из нерастворимых солей. Чаще всего этой болезнью поражается мочевой пузырь. Раньше единственное радикальное лечение – операция, причем довольно тяжелая. Сегодня предложено при помощи специального инструмента – катетера – вводить в пузырь капельку липкой взрывчатки,

обволакивающей камень, а потом подрывать его. За всем ходом операции наблюдают на экране рентгеновского аппарата. Опыты пока проводятся на животных, но результаты обнадеживают.

Однажды в цехе понадобилось взорвать старые фундаменты, расположенные вблизи работающего оборудования. Как сделать, чтобы разлетающиеся при взрыве осколки не заделали станки? Опасное место огородили фанерными щитами и залили... толстым слоем пены. Глухо грохнул взрыв, пена слегка приподнялась и опала. Вот и все.

Пена кажется очень непрочной. Но на самом деле она может поглощать много энергии, выдерживать приличные нагрузки. Чтобы разорвать один пузырек, много усилий не требуется, но ведь пузырьков – миллионы. И вот испытывают новую систему обеспечения аварийной посадки самолета с невыпускающимися по тем или иным причинам шасси. За несколько минут пеногенераторы создали на посадочной полосе слой пены в несколько сантиметров. И на него мягко приземлился самолет.

Весной при внезапных заморозках на поля выезжают пожарные машины с пеногенераторами – и нежные ростки надежно укрыты пеной от холода. Взойдет солнце, и пена разрушится как бы сама собой, вода увлажнит землю, а пенообразующие вещества, специальным образом подобранные, превратятся в хорошее удобрение. Очень близкое к идеальности решение. А в середине лета, когда полям может грозить гибель от различных насекомых, хорошо работает пена, в которой вместо воздуха сернистый газ, уничтожающий вредителей. Через несколько часов пена разрушится, газ улетучится, и поля станут снова безопасными для человека, животных, птиц. Это куда лучше, чем ядохимикаты, смываемые потом почвенными и дождевыми водами в реки и попадающие в конечном итоге к нам в пищу.

Новейшие пеноматериалы – пенометаллы. В расплавленном алюминии размешивают гидрид титана. При определенной температуре, которая выше температуры плавления алюминия, гидрид разлагается, выделяя газообразный водород. Вспененная масса быстро разливается по формам и застывает. Получается ячеистый металл с плотностью 0,16—0,6 г/см³, то есть куда легче воды. Аналогичным образом получают вспененные цинк, свинец, медь, сталь и их сплавы. Пенометаллы не только легки, они хорошо обрабатываются, склеиваются, свариваются, отлично гасят звук и вибрации. И еще они очень термостойки. Обычный алюминий плавится при температуре около 650 градусов, а конструкции из пеноалюминия выдерживают температуру 1400 градусов!

Американские полисмены торжествовали – наконец перестанут грабить банки! Все кладовые они снабдили потайными чувствительными микрофонами. Датчики моментально поднимут тревогу при малейшем шуме в помещении. А разве можно вскрыть сейф без шума? Но гангстеры тоже хорошо знакомы с техникой. Они стали заливать замаскированные микрофоны да и сам сейф пеной, которая прекрасно глушит звук! Блюстителю порядка не остались в долгу. Теперь они сами установили пеногенераторы. В случае любого подозрения на проникновение посторонних помещение заливается потоком быстро твердеющей пены. Грабитель оказывается упакованным в пенопластовую коробку, в которой не может даже пошевелиться! Но дышать он может – воздуха в пене для дыхания вполне достаточно.

Пузырьки всплывают в более плотной жидкости – это всем известно. Но как превратить знание в конкретное дело? Любители аквариумов знают простенький насос – эрлифт, служащий для насыщения воды воздухом. В трубку, погруженную в воду и открытую книзу, подают пузырьки воздуха, которые, всплывая, увлекают за собой воду. Аналогичный насос был изобретен для перекачки химически активных и очень горячих расплавленных солей. Но, чтобы не охлаждать расплав, пузырьки образованы не воздухом, а воздушно-топливной смесью. Она вспыхивает, пылающий пузырь всплывает, увлекая расплав.

В глубоких карьерах открытой добычи угля или руды порой невозможно дышать – застаиваются и скапливаются выхлопные газы работающих здесь мощных экскаваторов, бульдозеров, тяжелых автомашин. Выхлопные газы горячие, по идее они должны подниматься вверх. Но этого не происходит, потому что газ смешивается с окружающим холодным воздухом и быстро остывает. Как заставить их подниматься вверх, не смешиваясь с воздухом? Предложено пропускать выхлопные газы через сосуд с пенообразующей жидкостью (мыльным раствором). Горячие мыльные пузыри поднимаются вверх, и ветерок над карьером относит их в сторону.

Термиты – вещества, дающие при сгорании большое количество тепла. Многие из них способны гореть под водой, потому что имеют, как и взрывчатые вещества, необходимый для горения кислород «с собой». Например, если смешать алюминиевую пудру с окисью железа (обычно простой ржавчиной) и как следует эту смесь нагреть, более активный алюминий начинает отбирать у железа кислород, восстанавливать его. При этом выделяется столько тепла, что железо плавится! Этот эффект используют для сварки рельсов. А недавно было предложено использовать термит при гидроизоляции стыков в домах: длинную пластиковую «колбасу», начиненную специальными смолами и небольшим количеством термита, закладывают в стык и поджигают электрическим разрядом. Термит горит, смола плавится – и гидроизоляция готова!

Для получения высококачественного материала из металлического порошка необходимо было нагреть этот порошок до 1000 градусов, выдерживать при этой температуре всего полсекунды, после чего быстро охладить на 300 градусов. Создать такой температурный режим оказалось очень сложно. Попробовали продувать тонкую струйку порошка сквозь пламя, воздействовать инфракрасным излучением, но выход годного продукта был ничтожен. Порошок «искупали» в горючем веществе – обычной нефти, потом нагрели в бескислородной атмосфере – нефть при этом превратилась в тонкий слой углеподобного вещества, покрывающий каждую порошинку. Затем порошок ввели в печь, наполненную кислородом и с температурой около 700 градусов. Угольный слой вспыхнул, подняв температуру порошинок до 1000 градусов, и сгорел, после чего они тут же остыли.

В 1948 году советские ученые Г.В. Курдюмов и Л. Г. Хандрос сделали открытие, впоследствии зарегистрированное под номером 239 «Явление термоупругого равновесия при фазовых превращениях мартенситного типа». За мало понятным названием укрылись удивительные вещества, способные «запоминать» свою форму и в определенных условиях восстанавливать ее. Явление получило более понятное название – эффект памяти формы – ЭПФ. Допустим, изготовили из вещества с таким свойством при определенной температуре трубку. Затем изменили ее форму: растянули или сплющили. Теперь, если нагреть деформированную трубку до другой определенной температуры, она «вспомнит» свою прежнюю форму, сожмется или распрямится. Сразу ясно, как можно применить такое вещество. Например, нужно герметически соединить две трубки между собой. Надеваем на них отрезок трубки, изготовленной из материала с ЭПФ, нагреваем его – и уменьшившийся в диаметре отрезок плотно захватил концы соединяемых трубок.

Материалы с ЭПФ пока редкость. Хотя ничего загадочного в их химическом составе нет. Есть материалы с ЭПФ на основе меди, железа, никеля, серебра, золота, марганца. В настоящее время наиболее известен нитинол – никелид титана. Известны и материалы, которые могут «запоминать» не одну форму, а две: «холодную» и «горячую». Тогда, меняя температуру, можно заставить их поочередно вспомнить то одну, то другую, причем делать это многократно, до 10^5 — 10^8 циклов, не опасаясь трещин и разрушения. Удивительные свойства новых материалов позволяют им выполнять множество полезных действий: от простого перемещения объектов, их соединения и разъединения до работы в качестве теплового двигателя, так как они умеют преобразовывать тепловую энергию в механическую. А что если изготовить из нитинола обыкновенный лист, чтобы толщина его при температурном переходе лишь ненамного увеличивалась? Потом закрыть лист маской темного цвета с прорезями и осветить сильной лампой. Там, где лист закрыт маской, он нагреется, и в этих местах поверхность слегка приподымется, остальные останутся в прежнем состоянии. Если маска – обычный текст, то мы получили прекрасную форму для печати! И если использовать нитинол с многократным действием, то она будет служить практически вечно.

Свойство запоминать форму сегодня известно не только у металлов, но и у некоторых полимеров. Широко используются для упаковки термоусадочные полиэтиленовые пленки, пластмассовые трубки, способные под действием пламени обычной зажигалки уменьшать свой диаметр. Теперь нет нужды изготавливать необходимые для разных целей изогнутые стеклянные трубки – отрезки трубки из пластмассы с ЭПФ надежно соединят стеклянные прямые отрезки, и всей системе можно будет придать любую конфигурацию.

Задача 52. На подземных рудниках порой приходится заниматься опасным делом, которое называется «разбутовка» рудоспуска. Рудоспуск – вертикальный колодец, по которому сбрасывают добытую на верхних горизонтах рудника руду на нижние, где проходят транспортные пути. Бывает, что в рудоспуск попадают бревна и доски от шахтной крепи, большие куски породы, и колодец забивается. Шахтеры говорят «забутовался рудоспуск». Чтобы «разбутовать» его, нужно взорвать завал. Когда-то в колодец влезал человек с привязанной на шесте взрывчаткой, устанавливал шест, зажигал бикфордов шнур... Это было страшно опасно – в любой момент сверху мог упасть камень. За рубежом приспособили для этой цели робота. Потом решили использовать ракеты. Здесь очень важно, чтобы ракета стала в колодце вертикально, не ударила по стене вместо завала. Придумали сложные навигационные гироскопические устройства для ориентации. Дорого! Нужно придумать что-нибудь получше.

Задача 53. Известен способ подъема затонувших кораблей путем закачивания воздуха вовнутрь. Но он требует трудоемкой и порой опасной работы под водой для герметизации всех щелей, из которых воздух мог бы вырваться. Как, используя этот способ подъема, обойтись без герметизаций?

ОБЫЧНОЕ ОТКРЫТИЕ

Увидев Изобретателя в школе после трехнедельного отсутствия, Физик очень обрадовался:

– Снова к нам? Кончились ваши горячие денечки?

– Не совсем, но стало немного полегче. И я соскучился по ребятам, – отвечал Изобретатель.

– И они о вас все время спрашивали. Мы с ними неплохо поработали. Знаете, я сначала беспокоился, что с нашими экспериментами мы от программы отстанем. А мы даже вперед немного ушли – ребята стали активнее, лучше воспринимают материал. А что у вас новенького для нас?

– Сегодня ребята будут открывать новый физический эффект.

– Как, совсем новый? – не понял Физик.

– Ну, не совсем, конечно, но и не старый, – ему всего лет около тридцати. – Это какой же? – заинтересовался Физик.

– Не скажу, – ответил Изобретатель. – Вы сами вместе с ребятами его откроете. А я в сторонке посижу, посмотрю, как это все получается. Ну и помогу, конечно, когда понадобится. Согласны? Не боитесь?

– Ну вот еще! – вспыхнул Физик. – Конечно, согласен!

Задача 54. В 1960 году американский инженер Г. М. Гровер собрал на пресс-конференцию журналистов. После краткого вступления он показал присутствующим фокус: взял клещами обычный с виду стальной стержень длиной примерно в полметра, диаметром около сантиметра, сунул один его конец в пламя электрической горелки, а другой – в стакан с водой. Вода немедленно и бурно вскипела. Потом он взял другой стержень и опустил его конец в стакан с жидким азотом, а другой – снова в воду. Вокруг погруженного в воду стержня тут же стал намерзать лед. Как вы думаете, ребята, что удивило присутствующих на конференции? – спросил Изобретатель.

Ребята молчали. Вроде бы ничего такого... Тогда Изобретатель вынул из сумки стальной стержень, показал его классу – обычный совсем – зажег горелку и ввел в его пламя конец стержня. Другой конец он спокойно держал в руке.

– Получается, что обычный стержень не может вскипятить воду – тепло распространяется медленно, да и воздух охлаждает стержень. А там вода закипела!

– Немедленно?

– Да, практически сразу. – Может быть, тот стержень только выглядел, как стальной, а на самом деле был из серебра или меди, у них ведь теплопроводность выше!

– А вы посчитайте, – невозмутимо предложил Изобретатель.

– Кто пойдет к доске?

– А мы формулы не помним. Можно в учебнике посмотреть?

– Хоть в Большой Советской Энциклопедии! – великодушно разрешил Изобретатель.

– Тогда можно я? – вызвалась девушка.

– Смотрите, Галя решилась, – шепнул Физик Изобретателю. – Она у нас по физике слабо занимается, увлекается биологией и больше ничем не интересуется. – И громко: – Конечно, Галя, иди к доске!

Девушка тихо, но уверенно сказала:

– Нужно посчитать количество тепла, которое может пройти через серебряный стержень.

– Правильно, вот посмотри формулу в справочнике, в учебниках долго искать, – предложил Физик.

На доске появилась формула

где λ – коэффициент теплопроводности. Δt – перепад температур на концах стержня, L – длина стержня, S – его сечение, t – время передачи тепла.

– Теплопроводность для серебра = 418,7 Вт/(м·°С). А для железа – это на всякий случай для проверки, – пояснила Галя, – 74,4 Вт/(м·°С). $L = 0,5$ м; $S = 7,86 \cdot 10^{-5}$ м².

– А какой взять перепад температур? – остановилась Галя.

– Сейчас прикинем, – ответил Физик. – В пламени горелки температура градусов восемьсот. Возьмем с запасом – тысячу. Еще нужно подставить время работы. Вы говорили – вода вскипала немедленно, – обратился он к Изобретателю, – скажем, за минуту?

– У Гровера закипала быстрее, но можно для расчета взять и минуту.

Тогда $Q = 418,77,86 \cdot 10^{-5} \cdot 60 = 395 \text{ (Вт} \cdot \text{с)} = 395 \text{ Дж}$.

– Получилось 395 джоулей, – сказала Галя.

– Скажите, ребята, – вмешался Изобретатель, – нужно ли нам подсчитывать так точно – до единиц? Конечно, нет. Ведь перепад температур мы все равно брали приблизительно. Да и время тоже. Поэтому для облегчения дальнейших расчетов можно округлить полученный результат. Пусть будет 400 джоулей. А сколько это тепла? Сколько воды, например, можно вскипятить таким теплом?

Но ребята не смогли ответить. Если механические единицы они еще как-то представляют, то с тепловыми дело намного хуже. Поэтому снова пришлось считать. Выписали формулу для нагрева воды:

Здесь C_p – удельная теплоемкость, равная для воды $4,19 \cdot 10^3$ Дж/(кг · °С); m – масса нагреваемой воды.

– Какую возьмем массу? – спросил Физик.

– Ту, которая контактирует со стержнем, например, один грамм, – предложил кто-то.

– Нет, это не совсем правильно, ведь горячая вода стремится подняться вверх, на ее место приходит холодная, возникает... – Конвекция, перемешивание. Греется вся вода в стакане!

– Значит, масса – 200 граммов. Считаем:

(градуса)

– Так мало! – удивились ребята.

– Да. И это несмотря на то, что мы при округлении заведомо увеличили количество получаемого водой тепла. А если вспомнить, что мы пренебрегли охлаждением стержня воздухом, станет ясно, что даже серебро с его самой высокой проводимостью тепла не может дать вскипание воды. Если сделать обратный расчет, получится, что таинственные стержни Гровера должны быть в тысячу раз теплопроводнее, чем серебро! – сказал Изобретатель. – Что самое интересное – сам стержень, конец которого был в пламени, не очень нагрелся. Один журналист дотронулся до него, смочив предварительно палец слюной – так утюги пробуют – шипения не было. Но держать стержень в руке тоже нельзя было. Так как же все это объяснить?

– Жулничество! Гипноз! Цирковой фокус, как у Кио, с зеркалами!

– Странно? Да! Необъяснимо? Может быть. Но жульничества не было, – возразил Изобретатель. – Попробуйте все-таки разобраться, объяснить.

– Хватит шуметь! – призвал ребят к порядку Физик. – Давайте работать. Я тоже не представляю, о каком эффекте идет речь. Но зато знаю, с чего нужно начать. Ведь перед нами исследовательская задача! Как ее решать?

– Нужно перейти от исследовательской задачи к изобретательской! – Поставить вопрос: как это сделать!

– Ничего себе задача – разве мы сможем изобрести такой тепловой сверхпроводник?

– А почему бы и нет? – сказал Изобретатель. – Основы физики вы знаете, основы ТРИЗ – тоже. Я могу вас заверить, что такой сверхпроводник тепловых законов природы не нарушает, а просто остроумно их использует. И знаний физики, полученных вами в шестом-седьмом классах, вполне достаточно для его изобретения!

– Начнем с того, что «нам дано», – сказал Физик. Изобретатель больше не вмешивался и только следил за ходом решения.

– Есть стержень, по которому проходит много тепла...

– А он сплошной или в нем что-то есть? – спросил кто-то, но Изобретатель в ответ только пожал плечами.

– Сами разберемся, – остановил новые вопросы Физик. – Если стержень сплошной, то передача тепла может происходить только за счет теплопроводности, то есть от человека к человеку: «нагрелся» один – подогрел соседа. Мы уже выясняли, что даже человечки серебра не в состоянии делать это достаточно хорошо.

– Свои человечки не справляются, значит, должны помочь человечки со стороны!

– Икс-человечки!

– Хорошо. Тогда сформулируем задание для икс-человечков – что они должны делать?

– Бегать побыстрее! Допустим, лежит куча мешков с теплом. Они должны подбегать, хватать по мешку – и бегом в холодный конец! Нужны человечки газа – они самые шустрые!

– Наверное, у Гровера был не стержень, а трубка. И тепло переносили человечки воздуха! Перенос тепла за счет конвекции!

– А это мы сейчас проверим.– Физик достал из лабораторного шкафа трубку, сплющил ее концы (чтобы человечки воздуха не удирали наружу, пояснил он), сунул один конец в пламя горелки, другой – в стакан и... ничего не произошло. Трубка тоже не хотела кипятить воду.

– А чего вы ожидали? – спросил Физик ребят, разочарованных результатами опыта. – Ничего и не должно было произойти. Ведь у воздуха, газов очень маленькая теплоемкость, даже если заставить их циркулировать, много тепла они не перенесут. Да и как заставить? А теплопроводность у газов вообще очень низкая, недаром наполненный воздухом пенопласт – прекрасная теплоизоляция.

– А когда чайник кипит, разве газовые человечки не уносят массу тепла из кипящей воды?

– Действительно, мы забыли про теплоту парообразования! Помните что это такое?

– Это количество теплоты, которое нужно сообщить жидкости, чтобы превратить в пар.

– Тогда получается так: в трубке человечки жидкости, в пламени горелки они превращаются в человечков пара, которые несутся в холодный конец и там отдают свое тепло воде. А хватит этого тепла?

– Попробуем подсчитать, сколько тепла может «захватить» один грамм воды, превратившейся в пар. На доске снова появилась уже фигурировавшая сегодня формула для нагрева воды, только записанная по-другому:

– Допустим, что вначале температура воды равна 20°C, а нагревается до 100°C. Перепад $\Delta T = 80^\circ\text{C}$. Получим, что на нагрев одного грамма уходит 335 джоулей.

– Это еще не все, – заметил Физик. – Нужно учесть и тепло, которое уйдет на испарение. Формула там какая? Формулу нашли. Записали:

$$Q_2 = gm$$

Здесь g – удельная теплота испарения воды при нормальном давлении, равная $2260 \cdot 10^3$ Дж/кг. Получаем $Q_2 = 2260$ Дж.

$$\text{Итого } Q_1 + Q_2 = 2260 + 335 = 2595 \approx 2600 \text{ Дж.}$$

– Смотрите, один грамм воды, испарившись, несет в себе в шесть раз больше тепла, чем серебряный стержень! – воскликнул Физик.

– А 2600 Джоулей разве хватит на то, чтобы вскипятить стакан воды?

– Конечно, нет, но ведь у нас, во-первых, не один грамм воды...

– А что будет, когда эта вода испарится? Трубка перестанет работать? – Скорее всего, да, – ответил Физик и обратился к Изобретателю:

– Та трубка у Гровера долго работала?

– До 20 тысяч часов!

– Тогда то, что мы придумали, не годится, – разочарованно вздохнули ребята.

– Почему? – удивился Физик. – Просто это новая задача. Что нам еще нужно от человечков?

– Они должны возвращаться обратно! – Только без груза! Тепло должно остаться в стакане! Вот так. На доске появился рисунок. – А как их заставить возвращаться назад? Человечки пара отдали тепло и превратились снова в. человечков воды – капельки.

– Нужно, чтобы эти капельки стекали назад! Если трубку поставить так, чтобы стакан был наверху, а горелка внизу, то так и будет! Правда? – обратился юноша к Изобретателю.

– В принципе это возможно. Такие устройства известны – их называют тепловыми сифонами. Но трубки Гровера работали в любом положении, в том числе и в горизонтальном. – Снова задача! Как подавать воду снизу вверх? Поставить насос? Но для того, чтобы насос работал, нужна энергия. К трубке энергия подводилась?

– Нет.

– Не нужен насос. Дерево прекрасно качает наверх влагу из почвы, – вдруг сказала Галя. – По капиллярам. И в трубку можно капилляр вставить. – А он может быстро качать воду? Ведь вода быстро испаряется. Как это посчитать? – Пожалуй, такой расчет будет довольно сложным, – покачал головой Физик. – Нужно очень много факторов учесть – поверхностное натяжение, вязкость, смачиваемость, – количество и размеры пор, давление и еще...

– Да, вы правы, – согласился Изобретатель. – Методики кое-какие есть, но они полуэмпирические.

– То есть основаны на использовании данных, полученных экспериментальным путем, – пояснил Физик для ребят.

– Да. Словом, поверьте, что скорость подачи оказывается вполне достаточной, чтобы трубка Гровера (она, кстати, получила название «тепловая труба») работала. Проблема обычно в другом – как увеличить скорость пара.

– А все-таки удивительно, почему до шестидесятого года не придумали такое простое устройство? Ведь там же почти ничего нет: трубка, внутри пористый вкладыш – и все, – произнес Физик.

—Еще дыра для прохода пара, – улыбнулся Изобретатель. – Вообще-то, если строго подойти, то первый патент на тепловую трубу был получен еще в 1942 году другим американцем – Гоглером. Но он, как и некоторые из вас, опасался, что фитиль будет подавать воду недостаточно быстро, и всю трубку забил капиллярным веществом, оставив для пара совсем маленькое отверстие. Из-за этого его трубка не работала – в ней повышалось давление, вся жидкость испарялась. А Гровер сделал ее почти пустой, у него фитиль тонким слоем покрывает стенки либо находится в середине. И еще до одной хитрости додумался Гровер. Вот человечки несутся по трубке. Понятно, что с их пути нужно убрать все, что им мешает: разных «ленивцев», «гуляк» и тому подобных. Что это значит?

– А что там внутри? Воздух?

– Да.

– Убрать воздух! Откачать.

– Конечно. А воды в трубке совсем немного – только, чтобы фитиль пропитать, ну, может быть, чуть-чуть больше.

– Ну хорошо, допустим, 1942 год, – не сдавался Физик. – А я думаю, что такое устройство и в средние века можно было придумать! Допустим, в средние века не знали про испарение, конденсацию. Но Уатт, создатель первой паровой машины – знал! И Карно знал, а это – начало прошлого века!

– Да, изобретение очень запоздало. Помните, на Дне Знаний я рассказывал, что новые идеи ищут методом проб и ошибок. Повезет – не повезет. Какие-то идеи появляются задолго до того, как их можно реально осуществить, так было с идеей вертолета, парашюта – их еще Леонардо да Винчи предложил. Другие опаздывают. Что касается простоты – не стоит путать простоту конструкции с простотой идеи. Часто сначала конструкции создаются сложными, а потом упрощаются. А насчет тепловой трубы... Я ведь говорил вам, что сегодня открыты десятки тысяч физических эффектов, закономерностей. Сколько же возможно их комбинаций, скажем, по два? Верно, сотни миллионов. В тепловой трубе работают даже не два, а три эффекта: испарение, конденсация, капиллярность. Такую комбинацию найти методом проб и ошибок очень нелегко. Но этого мало. Решение, найденное методом проб и ошибок, нередко не получает признания из-за того, что его нашли случайные люди, не способные оценить всю его важность, не умеющие «довести» до дела...

– Как, например, Гоглер, – подсказал Физик.

– И Гоглер тоже. Есть сведения, что еще в начале нашего века какой-то булочник придумал нечто похожее на тепловую трубу: он втыкал такую трубочку в тесто, и она «пекла» его изнутри. Булочки получались очень вкусными, а до всего остального булочнику не было никакого дела! И его изобретение осталось практически неизвестным. Или садовник Монье изобрел железобетон в шестидесятых годах прошлого века. Он ему понадобился, чтобы делать садовые кадки для пальм, которые он выращивал на продажу. Только лет через двадцать железобетон снова переизобрели как строительный материал, и он стал широко применяться.

– Получается, МПиО во всем виноват! С ним нужно было бороться!

– Другого метода не было. Просто нужно было создать новые методы, не такие расточительные, как старый. Вот вы ведь придумали тепловую трубу с помощью ТРИЗ почти без перебора вариантов.

– А по-моему, ТРИЗ тоже страшно запоздал. Разве его нельзя было создать в прошлом веке?

– Ну это как сказать, – медленно произнес Изобретатель. – Ведь ТРИЗ – это не просто методика решения задач, это наука о развитии, эволюции технических систем. Может быть, необходимо было, чтобы до ее появления теория эволюции была разработана в других, более изученных в те времена областях. В 1859 году появилась теория эволюции в живой природе – дарвинизм. В 1867 году вышел в свет первый том «Капитала» К. Маркса – толчок к созданию теории социальной эволюции. В принципе, после этого могла бы начаться разработка и теории технической эволюции. Правда, развитие техники тогда было еще очень медленным, вряд ли была

потребность в такой теории. Но, скорее всего, вы правы, ТРИЗ, конечно, запоздала. Да и сегодня темпы ее распространения далеко не так велики, как требует время.

– Почему это так? – Потому что многие не готовы к тому, чтобы ее использовать. ТРИЗ ускоряет развитие, она сегодня – один из инструментов перестройки, а перестройка далеко не всем нужна. Но вернемся к тепловым трубам.

– Да, а как же работала другая трубка, та, что с азотом? Ведь вода в ней должна была замерзнуть.

– Кто может ответить на этот вопрос?

Желающих ответить было немало. Конечно, нужно заполнить такую трубку не водой, а каким-то сжиженным газом. Может быть, тем же азотом, можно и другим.

– Сегодня известны различные низкотемпературные трубки, в них работают разные газы, вплоть до гелия. А если нужно, чтобы трубка работала при 2—3 тысячах градусов?

– Вода при такой температуре не может работать, газы – тоже.

– Значит, остается твердое тело!

– Нет, твердое тело не будет перекачиваться капиллярами. Нужна жидкость. И чтобы испарялась. – Можно взять металл и расплавить!

– Да. Есть трубы, заполненные жидким натрием, оловом, калием. Сегодня и труб тепловых разных много, и сфера их применения очень широка. Вот где бы вы предложили их применять? – спросил Изобретатель.

Поднялся лес рук.

– Для охлаждения двигателей в автомобилях, ракетах, самолетах.

– В ракетах и самолетах охлаждать также обшивку при взлете и посадке.

– Охлаждать микросхемы от перегрева. Только таких маленьких трубок, наверное, нет.

– А как вы думаете, какая самая маленькая тепловая труба? Вопрос ребят озадачил. Как ни старайся, но должна быть трубка из стали.

– Должна быть? А идеальная трубка – это что?

– Трубки нет, а что-то охлаждается. Сделать отверстие в самой детали? Но фитиль все равно нужен.

– Нельзя ли фитиль сделать из материала той детали, что и трубка? Если он хорошо смачивается жидкостью?

– Можно, но тогда придется сверлить в нем поры – много возни.

– Фитили бывают разные, – сказал Изобретатель. – И никто не сверлит поры. Вкладывают внутрь свернутую сеточку или спекают фитиль из порошка – вот и получаются поры. Он может быть даже из керамики, как кирпич. Но самый простой и во многих случаях достаточно эффективный фитиль – множество мельчайших царапин, нанесенных на стенки трубки или отверстия в охлаждаемой детали. По ним тоже хорошо жидкость движется.

– Так просто? – удивлялись ребята. – Значит, можно просверлить отверстие, нацарапать стенки, запустить туда капельку жидкости – и тепловая труба готова?

– Да. Для охлаждения микросхем делают микротепловые трубы – в кристалле вытравливается микроскопическое отверстие, по сути дела всего одна пора. При таких

размерах фитиль не нужен – сами стенки будут «работать» фитилем. Туда запускают каплю жидкости, потом пору закрывают, и устройство охлаждения готово.

– А в медицине можно применить тепловую трубу?

– В медицине сегодня есть криоскальпели – скальпели с охлаждаемым лезвием. Охлаждение до низких температур идет с помощью встроенной в лезвие тепловой трубы. Конечно, как и в микросхемах, это не стальная труба, а отверстие. Такой скальпель режет ткань практически без крови – от холода сосуды сжимаются, ткани стягиваются и не кровоточат.

– А так можно охлаждать не только скальпели, но и разные другие инструменты: резцы, сверла, фрезы, которые обычно при работе сильно нагреваются.

– Да. А еще? – А я предлагаю использовать тепловые трубы на кухне – шашлыки жарить!

– Зря смеетесь, в США такие трубы выпускают, – сказал Изобретатель ребятам, – и это первое предложение по использованию тепловых труб не для охлаждения, а для нагрева. Почему вы не предлагали нагревать?

– Потому что нагревать можно и другими разными способами. А охлаждать труднее!

– Наверное. Но все-таки, что еще умеет тепловая труба? Вот, вода кипит при 100°C. А если мне нужна трубка, работающая при 105°C, как быть?

– Взять другую жидкость? Может быть, глицерин? Ребята называют известные им жидкости: эфир, бензин, керосин, масло. Предлагают порыться в справочнике. Вот это психологическая инерция!

– Ребята, вспомните, всегда ли у воды температура кипения 100°C, – не выдерживает Физик.

– Конечно, не всегда, все зависит от давления, меняя давление, можно получать разную температуру.

– А какая будет температура поверхности самой трубки?

– Если фитиль расположен у стенок, то как у холодного конца.

– Да, температура поверхности трубки в этом случае будет равна температуре конденсации жидкости. А если вдоль стенок идет пар?

– Тогда как у пара.

– Хорошо. Пусть у нас трубка с водой, давление в одну атмосферу. Мы начали греть один конец от комнатной температуры. Трубка работает?

– А вода закипела?

– Нет еще.

– Тогда не работает.

– А если «холодный» конец имеет температуру выше температуры «горячего» конца?

– Тоже не работает.

– Смотрите, наша трубка работает только при определенных температурных условиях. Получился регулятор температуры или, если нужно, стабилизатор температуры, поддерживающий ее вблизи какой-то заданной величины.

– Непонятно. Ведь трубка начинает отводить тепло, когда жидкость в трубке начинает кипеть. А если температура ниже – она не работает.

– Нужно объединить трубку с нагревателем! Вот и получится, что нагреватель греет, трубка охлаждает, а температура постоянная. Встроить спираль, по которой течет электрический ток.

– Хорошо. А теперь давайте усовершенствуем нашу тепловую трубку. Чтобы вы предложили? – задает новый вопрос Изобретатель. Ребята молчат. Трудно что-то улучшить, если нет конкретной задачи, неизвестно, в чем недостатки, что именно улучшать. Разве так можно?

– Можно! Только для этого нужно знать законы развития технических систем, которые подсказывают нам, в каком направлении они будут совершенствоваться. Например, одно из таких направлений – это переход к использованию более эффективных полей. Тепловое поле считается более эффективным, чем механическое, а электрическое, магнитное – чем тепловое.

– Как в МАТХЭМ?

– Да, аббревиатура составлена с учетом этой закономерности. Она отражает тенденцию перехода от механических систем, действующих на макроуровне, к полям, действующим на микроуровне. Другая закономерность говорит, что всегда эффективнее работает несколько полей вместе. И еще: есть стремление к переходу от полей постоянных, неизменных к переменным, импульсным, ударным. Давайте начнем с того, что попробуем к нашей тепловой трубе другие поля.

– М – механическое, например перемещение. От перемещения тепловая труба никак не изменится, это не годится. Давление...

– Постойте, куда вы торопитесь? Работать нужно спокойно, не торопясь. Почему вы думаете, что перемещать можно только трубу в целом? А если перемещать ее части? Сегодня есть целое направление в развитии тепловых труб с перемещающейся частью – сильфоном. – Изобретатель быстро рисовал на доске трубку с «гармошкой».

– Сжимая эту гармошку, можем изменять давление внутри трубки, а значит, и ее рабочую температуру. Можно трубку изогнуть. Можно сделать фитиль из двух частей с небольшим зазором. Тогда сжали гармошку – зазор исчез и трубка работает, растянули – перестала. Можно сделать, чтобы трубка с сильфоном сама себя регулировала: у сильфона есть некоторая упругость. Если ее не хватает – вводят еще пружину. Жидкость испаряется, давление внутри трубки растет, оно и растягивает сильфон, иногда это полезно для стабилизации температуры. Ну, а теперь можно и о давлении поговорить. Как его можно менять?

– С помощью сильфона...

– А еще как?

– Проделать дырочку и регулировать давление подачей газа.

– Хорошо, такое решение используется. Дальше! Как обстоит дело с центробежным полем?

– Оно может отжимать жидкость к стенкам. Тогда если стенки горячие, можно обойтись без фитиля?

– Совершенно верно. Есть так называемые центробежные тепловые трубы, например, для охлаждения электрических машин.

– Изобретатель нарисовал ее на доске.

– Жидкость, прижатая центробежными силами к внутренней поверхности ротора, кипит, пар собирается в центре и около охладителя, там конденсируется, а капли падают вниз, в слой жидкости. Перейдем к следующему полю.

– А – акустика. Будем действовать звуком на воду или на пар. А что это даст?

– Постойте, есть такой эффект, – напряженно вспоминал Физик, – что-то насчет влияния ультразвука на капиллярные силы. Не могу сказать точно.

– Да, речь идет об ультразвуковом капиллярном эффекте, открытым у нас в стране в начале шестидесятых годов академиком Е. Г. Коноваловым. Он обнаружил, что под влиянием ультразвука на определенных частотах, зависящих от размеров капилляров и свойств жидкости, высота и скорость подъема жидкости возрастает в десятки раз, – пояснил Изобретатель.

– Здорово! Присоединил к трубке генератор ультразвука – и эффективность выросла!

– А какой генератор идеален?

– Которого нет. Ультразвук сам возникает.

– Там же пар! Он быстро движется.

– Ну и что? Не с ультразвуковой же скоростью!

– А он может свистеть! Как в чайнике со свистком! Так?

– Так. Можно сделать тепловую трубку с ультразвуковым свистком. Пошли дальше?

– Т – тепловое поле? Оно у нас уже есть. Пропустить?

– Нет, погодите. Можно использовать его дополнительно. Есть трубки с подогревом.

– Х – химия. Ну, здесь много можно сделать: вводить всякие добавки, улучшающие смачиваемость, течение жидкости.

– Да, все это применяется. Но есть и более остроумные решения. Например, рабочая жидкость может быть сложным химическим веществом, состоящим из нескольких компонентов. И высокой температуре это вещество не только испаряется, но и разлагается с поглощением дополнительного тепла. А в холодной зоне оно не просто конденсируется, а вступает в реакцию с выделением этого запасенного избыточного тепла. Суммарный теплоперенос от этого возрастает.

– Э – электрическое поле. Ну, оно может только нагревать.

– Почему только нагревать? – удивился Физик. – Ведь электрическое поле может управлять движением зарядов, значит, если подобрать подходящую рабочую жидкость, можно...

– В Японии создали тепловую трубу с диэлектрической рабочей жидкостью без капилляров, перемещение – за счет электростатического поля. Освободилось пространство внутри трубы, тепловой поток вырос еще в 100 раз! – поддержал Физика Изобретатель.

– Электропроводную жидкость, по которой течет ток, можно заставить двигаться в магнитном поле!

– Можно. Мы уже подобрались к магнитному полю.

– А нет ли решений, в которых в качестве рабочей жидкости используется ферромагнитная жидкость? – спросил Физик.

– Вот это, пожалуй, сомнительно, – размышлял вслух Изобретатель. – После испарения частицы могут выпасть в осадок, впрочем со временем, возможно, преодолеют и эту трудность.

– А можно сделать фитиль из железных проволочек и управлять ими с помощью магнитного поля! Включил поле – проволочки прижались, капилляры стали меньше, выключил – расширились.

– Может быть. Здесь тоже будет трудность: после снятия поля остается намагниченность, нужно, чтобы были еще какие-то силы, которые будут расталкивать проволочки. Но для очистки капилляров от отложений это используют.

– Получается, что все, что мы сегодня придумали – все это уже есть! Вы обещали, что сделаем открытие, а мы не нашли ничего нового. Неужели ТРИЗ не помогла?

– Какие вы нетерпеливые! За два урока вы придумали столько решений, сколько тысячи людей из разных стран наработали за 25 лет! И вам мало! Понимаете, ТРИЗ позволяет совершить большой скачок. Но величина скачка зависит не только от силы прыжка, но и от места, с которого вы стартуете. Вы же начали практически с нуля по тепловым трубам и прыгнули на передний край науки и техники. А для того, чтобы сделать прыжок дальше, нужно изучить все, что сегодня есть в этой области и работать. А теперь задачка под «занавес».

Задача 55. Потовая железа человека или животного имеет клубочек, расположенный в глубине кожи, и канал – пору. До сих пор ее работу объясняют так: клубочек выделяет воду, она поднимается по каналу на поверхность кожи и там испаряется, охлаждая тем самым организм. Но этот механизм не все объясняет. При пересадке кожи обнаружилось, что потовые железы передают довольно много тепла на поверхность кожи, даже если выход их на поверхность закупорен. Кроме того, не понятно, как тело теряет тепло в спокойном состоянии, например сидячем, когда влага на поверхность кожи вообще не выступает. Как быть?

– Какая это задача, исследовательская или изобретательская?

– Исследовательская.

– А как сформулировать обращенную задачу?

– Есть потовая железа: клубочек, канал, жидкость. Жидкость подается через канал на поверхность и испаряется. Как сделать, чтобы передача тепла шла без выделения влаги на поверхность и даже при закупорке канала у поверхности?

– То есть речь идет о повышении эффективности работы железы, – уточнил Изобретатель.

– Здесь и решать нечего! Нужно, чтобы железа работала как тепловая труба. Вода должна выделяться клубочком все время, тут же испаряться, пар уносит тепло к поверхности кожи, откуда оно уходит во внешнюю среду. А пар конденсируется. Но тогда нужно проверить – есть ли обратный поток воды к клубочку?

– Такой эксперимент был поставлен, и обратный поток был обнаружен, он происходит за счет капиллярного подсоса по слизистой оболочке, некоторых других эффектов.

– Значит, потовая железа работает как тепловая труба!

– Совершенно верно. А традиционно известный механизм охлаждения тоже работает, но в экстремальных ситуациях, когда нужно резко увеличить теплоотдачу. Вот мы с вами и в биологию забрались, – засмеялся Изобретатель.

РАЗГОВОР В УЧИТЕЛЬСКОЙ

– Да, интересный урок получился, – сказал устало Физик. – Хорошо, что нам коллега уступил еще один час, а то не уложились бы. И очень хорошо, что вы разрешили им пользоваться учебниками, справочником. П. Л. Капица так даже экзамены принимал в Московском физико-техническом институте.

– Я тоже так принимал, когда, будучи аспирантом, преподавал в институте, – сказал Изобретатель. – Правда, за это меня от преподавательской работы отстранили.

– Если мои ученики будут на экзаменах пользоваться учебниками, меня тоже отстраният, – вздохнул Физик.

– К сожалению, в средней да и в высшей школе господствует идея, что человек должен хранить в памяти сложные формулы, значения множества постоянных и так далее. Такая концепция зародилась еще в дореволюционные годы и окрепла в трудные двадцатые – тридцатые. Тогда это было вынуждено: не хватало справочников, другой нужной для практических работ литературы.

В воспоминаниях одного из советских авиаконструкторов я читал, что в середине тридцатых годов на большое конструкторское бюро был единственный справочник, да и тот на немецком языке. Его берегли как зеницу ока. Но сегодня недостатка в справочниках нет. Более того, умению с ними работать тоже нужно учить. А у нас в институте был один профессор, который требовал безукоризненного знания всех резьб, посадок и допусков – огромных таблиц из тысяч цифр. Мы все считали его идиотом. Да я и сейчас так считаю.

– Но согласитесь, что иногда очень эффектно выглядит человек, который по памяти может сыпать цифрами.

– Это либо пижон, который зазубрил эти цифры именно для того, чтобы произвести впечатление, либо обманщик, рассчитывающий, что не станут проверять, либо человек, постоянно работающий с ними и запомнивший их автоматически. Последний случай достоин уважения, так как данные, необходимые постоянно, конечно, лучше держать в памяти, чтобы не листать каждый раз справочник. А знаете, когда я окончательно понял, что зубрежка материалов, которые есть в книгах, – издевательство над человеком, и дал себе слово никогда не требовать этого у своих учеников?

– Когда же?

– Я заканчивал обучение в аспирантуре и должен был сдавать кандидатский экзамен по специальности. Учтите, что к тому времени я проработал почти десять лет (аспирантура была заочная) и считался в своей области знающим специалистом – опубликовал десятка полтора статей. Экзаменовавшие меня профессора с кафедры имели о моей теме довольно смутное представление, но требовали, чтобы я на память выписывал длинные трехэтажные формулы. Самое интересное, большинство этих формул я мог бы вывести из основных положений, но это никого не интересовало. Сдал я проклятый экзамен со второго захода, вызубрив три толстые книги. Шел на экзамен и боялся тряхнуть головой – мне казалось, что знания лежат в голове пирамидой, которая вот-вот рассыплется и задавит меня. Забыл я все вызубренное не то что на следующий день – через пять минут после сдачи. А вот чувство унижения и неутолимой ненависти к зубрежке осталось до сих пор.

– Да-а-а,– протянул Физик.– Пожалуй, это испытывал каждый из нас. Вот сейчас идет активная перестройка школы, многое меняется, но отношение к запоминанию пока прежнее.

ИГЗ: НА ПУТИ К ИДЕАЛЬНОСТИ

Еще работая слесарем, Изобретатель очень не любил одну из довольно обычных работ – шабровку. В ряде случаев требуется получить очень ровную поверхность изделия, например направляющих токарного станка, по которым движется суппорт с закрепленным на нем резцом. Начинают с того, что к поверхности прикладывают эталонную плиту (очень ровную), смазанную тонким слоем краски. Когда плиту убирают, на поверхности детали остаются следы краски в тех местах, где были выступы, бугорки. Эти следы вместе с тонким слоем металла соскабливают специальным скребком – шабером. Операция повторяется многократно, пока пятна краски не станут совсем маленькими и многочисленными. Но чем ниже бугорки, тем тоньше должен быть слой краски, в противном случае она покроет всю поверхность детали и бугорки нельзя будет обнаруживать. От яркого света болит голова, слесарь все время поворачивает лампу под разными углами, чтобы лучше разглядеть, но все равно видно очень плохо. Какая жалость, что в те годы еще не было сделано простое изобретение: добавка в краску люминофора – вещества, способного ярко светиться (обычно под воздействием ультрафиолетового излучения, а в некоторых случаях и при обычном освещении). Как облегчилась бы работа слесаря: смазать плиту новой краской, выключить свет, включить ультрафиолетовый фонарь или обычную лампу с синим стеклом – и спокойно скоблить ярко светящиеся пятнышки!

Люминофоры – прекрасные помощники изобретателей, когда нужно что-либо обнаружить: от айсбергов, которые метят с вертолетов небольшими бомбами, начиненными люминофорами разных цветов, для наблюдения за дрейфом опасных для судов ледовых гор, до микробов, за поведением которых наблюдают под микроскопом благодаря нанесенным на них микроскопическим люминофорным меткам. Даже атомные частицы сложно... нет, не пометить, конечно, а наблюдать на люминофорном экране, на котором при попадании частиц появляется яркая вспышка.

Наибольшая опасность при движении по дорогам в сумерках или в темноте угрожает машинам с темной окраской – они плохо видны. Положение исправить несложно: достаточно добавить в краску люминофор – и сверкающая в свете фар машина прекрасно видна. И на курточки малышей нашивают блестящие люминофорные кружочки, чтобы их было видно издали.

Изобретатель уже говорил ребятам о применении термокрасок, меняющих свой цвет в зависимости от температуры. Теперь пришла очередь веществ, обладающих фотохромным эффектом. Сегодня известны стекла-хамелеоны, прозрачность которых зависит от освещенности. Особенно удобны они для тех, кто носит очки постоянно: не нужно менять их при выходе на улицу на темные, стекла на солнце «потемнеют» сами.

Сравнительно недавно появились и световоды – тончайшие стеклянные стерженьки, по которым свет распространяется на большие расстояния, повторяя изгибы и повороты гибкого стерженька. С его помощью можно заглянуть в желудок, в другие труднодоступные для наблюдения места. Одно время на прилавках магазинов можно было увидеть очень красивый сувенир: пучок тонких гибких непрерывно колеблющихся прутиков, закрепленных веером в основании возле маленькой лампочки, разбрасывал во все стороны подвижные разноцветные лучики. Его изготавливали из отходов световодов.

Однажды Изобретателю понадобилось проконтролировать, не происходит ли в его установке смещений одной детали относительно другой. Он уложил поперек стыка деталей тонкий волосок световода, с одного конца которого была расположена лампочка, а с другого можно было наблюдать ее свет до тех пор, пока детали не сдвинулись и световод не разорвался. А вот другой, очень оригинальный способ узнать, не сломалась ли деталь, расположенная в недоступном для прямого наблюдения месте. На детали закрепляют микрокапсулы с разными сильно пахнущими веществами, которые обязательно должны быть раздавлены при повреждении детали. Теперь по запаху можно легко установить, в каком месте повреждение.

Не перестает поражать воображение обыкновенная вода. О том, как могут измениться ее свойства при омагничивании, Изобретатель уже рассказал. Но и другие поля могут превращать ее в вещество с неожиданными возможностями. Например, пропустили воду через дезинтегратор – механическое устройство, измельчающее твердые материалы. Казалось бы, это никак не может на ней отразиться. Но почему-то улучшается рост растений, увеличиваются привесы кур и поросят, пьющих эту воду, легче отмывается грязь. Похожие результаты достигаются и при использовании талой воды, а также воды, остуженной после кипячения в атмосфере без доступа воздуха. Как объяснить все эти чудеса? Ученые пока не имеют единого мнения, но многие считают, что причиной необычных свойств может быть существование молекул воды не каждой в отдельности, а в виде некоторых крупных объединений, что-то вроде неустойчивых образований с формулой типа H_2nO_n . При воздействии разных полей эти образования разрушаются, в результате чего могут появиться новые свойства.

Особо стоит остановиться на свойствах воды, обработанной электрическим током. Если два электрода опущены в емкость с водой и разделены мембраной, например из обычного брезента, и на них подан постоянный ток, то состав воды в частях сосуда, разделенных мембраной, изменится. Сквозь мембрану начнется движение ионов водорода к отрицательному электроду, и вокруг него вода приобретет кислотные свойства, а ионы группы OH^- – к положительному, вокруг которого вода станет щелочной. «Щелочная» и «кислотная» вода используется в разных технологических процессах: при очистке стоков, приготовлении бетона, различных эмульсий и т. д. Но

есть у активированной электричеством воды и другие, особые свойства. Несколько лет назад Изобретатель собрал установку для обработки воды. Он прочел, что «кислотная» вода (ее стали называть «мертвой») обладает отличными дезинфицирующими возможностями, а «щелочная» («живая») способствует заживлению ранок, царапин. Когда Изобретателя сильно исцарапала кошка, с которой он играл, он сразу приготовил активированную воду, продезинфицировал ранку «мертвой», затем несколько раз смочил «живой» водой. Царапины быстро зажили.

О лечебных возможностях активированной воды слухи довольно быстро достигли невообразимых размеров. Некоторые отчаянные «экспериментаторы» даже пили ее. А делать этого нельзя, ведь биологические свойства активированной воды слабо изучены, а причины ее биологической активности пока неизвестны. К тому же при электролизе воды один из электродов растворяется и ионы металла переходят в воду, что может быть очень вредно. Правда, недавно Изобретателю рассказали, что эту проблему можно решить довольно остроумно: на положительный электрод нужно надеть картофелину или яблоко, которые будут задерживать вредные ионы. Впрочем, это еще нужно проверить.

В блокадном Ленинграде все было в дефиците, в том числе и бензин. Большинство машин стояли. Но в городе было довольно много водорода, которым наполняли аэростаты противовоздушной обороны. Обычно через некоторое время водород частично смешивался с воздухом и становился непригодным для аэростатов. Но эта смесь могла успешно использоваться в качестве топлива для автомобилей, если не допустить пламя назад по подводящим топливо трубкам в топливный бак с водородом (это грозило взрывом). Было найдено остроумное решение: газ шел в двигатель, пробулькивая через U-образную трубку с водой. Вода проницаема для газа, но непроницаема для огня. А водород – это топливо будущего. Сегодня проектируются целые атомно-водородные комплексы: на атомной электростанции, используя ее дешевую энергию, будут разлагать воду на водород и кислород. Кислород требуется для самых разных нужд, а водород в баллонах пойдет на автозаправочные станции и, сгорая в двигателях, будет превращаться снова в обыкновенную воду – самый экологически чистый вид топлива!

Хранить водород в баллонах невыгодно: даже при высоких давлениях его входит туда немного. Но недавно было обнаружено, что соединения некоторых металлов с водородом – гидриды способны аккумулировать водород в огромных количествах. Например, в единице объема лантан-никелевого гидрида при давлении в 4 атмосферы содержится столько водорода, сколько его можно было бы в этом объеме вместить при давлении в 1000 атмосфер. Для выделения водорода необходимо гидрид слегка нагреть. Такая водородосодержащая губка совершенно безопасна – при малейшей случайной утечке водорода температура гидрида мгновенно понижается и утечка прекращается сама собой.

Вообще отношения водорода с разными веществами сложны и разнообразны. Однажды Изобретателю пришлось искать причину выхода из строя болтов, изготовленных из высококачественной стали и работающих в достаточно щадящих условиях. После превращения задачи из исследовательской в изобретательскую путем «обращения» Изобретатель без труда установил, что из находящейся рядом эпоксидной смолы, с которой контактируют болты, при нагреве выделяется водород, проникающий в металл и делающий его хрупким.

Некоторые металлы и сплавы, поглощая водород, увеличиваются в объеме. Это свойство использовано в изобретении: для соединения двух труб на них свободно надевают стальную трубку, а между втулкой и трубами в качестве прокладки наносят специальный сплав, «распухающий» в присутствии водорода. Концы труб помещают в водородную атмосферу и нагревают – прочное соединение готово.

В небольшую банку с водой погружены два электрода, от банки отходят провода и еще две тонкие резиновые трубки, концы которых сходятся у сопла миниатюрной горелки. Под действием электрического тока вода разлагается, водород и кислород поступают по отдельным трубкам в сопло горелки, из которой рвется почти невидимое, но весьма горячее пламя. С помощью такого аппарата можно резать или сваривать мелкие металлические детали даже в домашних условиях.

Микросхема припаяна к плате несколькими десятками ножек. Как ее выпаять? Обычно ножки приходится сильно нагревать, но при этом портится вся плата. Можно сделать иначе. к ножкам по очереди на несколько секунд прижимают стерженек на ручке, после чего с платы стряхивается серый порошок, и микросхема свободна. Стерженек не греет – наоборот, это тонкая тепловая труба, охлаждаемая залитым в ручку жидким азотом. Оловянный припой при сильном охлаждении переходит в другое фазовое состояние: белое олово превращается в серое, при этом любая оловянная деталь рассыпается в порошок. Возможно и другое использование этого фазового превращения – объем, занимаемый белым оловом, при его превращении в серое, увеличивается на 26,7%, что позволяет использовать этот переход для создания больших давлений в замкнутом объеме.

В ящик набили каменный щебень как можно плотнее, затем залили расплавленным чугуном. Получился новый материал, названный метоном (металлический бетон). Он дешев (на 90% это обыкновенный камень), исключительно прочен (камень тверд и армирован металлом), обладает высокой износостойкостью и вибропрочностью. Сегодня имеется богатое разнообразие метонов – на базе стали, алюминия, других металлов.

Кислород должен поступать в кровь, но попадание пузырьков в кровь крайне опасно – даже мельчайшие пузырьки могут закупорить капилляры. На пути кислорода в легких работают мембраны – пленки с порами молекулярных размеров, не пропускающие пузырьки. Такие же мембраны работают и в желудке, отфильтровывая вредные для организма вещества. В последнее время создание подобных мембран доступно не только природе, но и людям. Изготавливают их следующим образом. Нерастворимый в воде полимер – ацетилцеллюлозу растворяют в смеси спарта, ацетона и диметилформамида, перемешивают с тончайшим порошком хлористого магния и выливают на стеклянную пластинку. Слегка подсушенный материал помещают в воду. Вода «забирает» из пленки растворители и хлористый магний, в результате остается тончайшая пленка с микроскопическими порами. Полученные мембраны используют для опреснения и очистки воды, выделения кислорода (вполне возможно в будущем создание искусственных мембранных легких, способных извлекать из воды достаточное для дыхания человека количество кислорода – вместо акваланга).

Недавно была предложена новая технология получения мембран: «протреливать» синтетическую пленку потоком частиц, например, ионов металлов или нейтронов, разогнанных в ускорителе. Проницаемостью мембран можно управлять с помощью электрического тока, что необходимо для создания точных дозирующих устройств и других целей.

Необычных веществ много, свойства их еще плохо изучены, это естественно. Но мы не все знаем и о веществах достаточно знакомых. Например, когда люди научились хорошо очищать вещества, они обнаружили, что свойства очень чистых веществ существенно отличаются от известных. Очень чистое железо не ржавеет. Тщательно обезвоженный гремучий газ не взрывается даже при высокой температуре. Чистые металлы не реагируют с хлором. Считавшиеся очень хрупкими титан, молибден, хром, цирконий после тщательной очистки оказались довольно пластичными.

А какое вещество можно назвать самым идеальным? «Идеальное вещество – это то, которого нет, а функции выполняются» – так учил Изобретатель своих учеников. Что же может выполнять функции отсутствующего вещества? В фантастическом рассказе Ф. Брауна «Планетат – безумная планета» люди живут на маленькой планете, под слоем обычной почвы которой находится сверхплотное нейтронное ядро. Птицы на этой планете тоже из сверхплотного вещества, почва для них является атмосферой, в которой они летают. И когда стая таких «птичек» пролетает сквозь расположенный в почве фундамент дома, сам дом, конечно, рушится. Как быть? Однажды вместо заказанной сверхтвердой стали для креплений по счастливой случайности прибыли пустые ящики. И оказалось, что в пустоте птицы не летают – для них она все равно что вакуум для наших птиц. Вокруг фундаментов вырыли глубокие траншеи, ограждающие их от полетов. Так пустота стала идеальной защитой.

Пустота – самый подходящий кандидат на роль идеального вещества. Как быстро построить ангар, склад, другое помещение? Надувают огромную резиновую оболочку, на которую наносят слой легкого пенопласта (пена – смесь вещества с пустотой). Когда пенопласт затвердел, резиновую оболочку можно вынуть – здание готово.

Один из древнейших материалов – керамика. Гончар добавлял в глину камышовый пух или мелкие древесные опилки. При обжиге они выгорали, образуя внутри глины мелкие поры. Кувшины, изготовленные таким способом, очень ценились. В них хранили воду. В жаркое время года вода медленно просачивалась сквозь поры наружу, испарялась, охлаждая тем самым содержимое кувшина. Вода в таких кувшинах оставалась прохладной даже в сильную жару.

Перед одним из коллег Изобретателя однажды на производстве поставили задачу. Предприятие выпускает радиооборудование, и много брака идет потому, что на печатных платах при покрытии их лаком появляются воздушные пузырьки. Там, где пузырек, изоляция платы ненадежна, может быть электрической пробой. Для ТРИЗ характерны парадоксальные решения. Специалист подумал: один пузырек на плате – плохо. А если их будет много? И предложил покрывать плату вспенивающимся лаком. Получилось прекрасно!

Однажды Изобретатель участвовал, в испытаниях мощного гидрогенератора на Красноярской ГЭС. При нем поднимали из воды для ремонта огромную гидротурбину. Вся ее поверхность была словно изрыта небольшими ямками. Некоторые были побольше – в них можно было засунуть кулак. «Кавитация», – тяжело вздохнул главный инженер станции. Кавитация... В конце прошлого века известный гидродинамик В. Фруд придумал это слово (от латинского слова «пустота»). Внешне это явление простое: при быстром турбулентном течении в жидкости возникают разрывы, в которых практически пусто. Эти пустоты под действием давления жидкости очень быстро (за тысячные или даже миллионные доли секунды) схлопываются. Ну и что? Такая мелочь. Трудно поверить, что эти мельчайшие пузырьки способны легко «грызть» твердейшую сталь, из которой изготовлена гидротурбина. Но тем не менее это так.

Сегодня нет общей теории, объясняющей в деталях процесс кавитационного износа разных материалов, но существует около шестидесяти (!) разных гипотез, учитывающих действие механических, тепловых, электрохимических процессов, межмолекулярных взаимодействий и тому подобное. Самая распространенная них рассматривает «схлопывание» пузырька симметрично всех сторон. При этом в центре пузырька на микросекунды могут возникать давления в десятки тысяч атмосфер, а если «схлопывание» идет несимметрично, могут появляться микроструи, обладающие огромной скоростью. Вполне возможно, то в образовании этих микроструек, экспериментально обнаруженных в 40-х годах, играет роль и эффект кумуляции, о котором рассказано выше. Из-за очень большой скорости удар этих

струек нелогичен удару очень твердого тела. Не зря говорят «капля камень точит» – падающие капли воды за несколько лет способны пробить глубокую дырку в камне. Это тоже «работа» возникающих при ударе кавитационных пузырьков.

Кавитация может сама от себя защищать. Ученые обнаружили, что по мере увеличения скорости течения и перепадов давления в пограничном слое у крыла кавитационная зона увеличивается. Сначала она состоит из отдельных пузырьков, потом их становится все больше и больше, наконец множество пузырьков поливаются в единое кавитационное облако, захватывающее все крыло и даже некоторое пространство вокруг. Это уже суперкавитация. И что удивительно – кавитационный износ крыла при этом совершенно прекращается. Ведь теперь крыло как в коконе спрятано в большом кавитационном пузыре, и разрушительные микроструи не могут к нему подобраться. Советский ученый В.Л. Поздунин предложил такой профиль крыла, при котором суперкавитация возникает при относительно небольших скоростях. Таким образом можно избавиться от кавитационного износа крыльев, гребных винтов, рабочих колес насосов. Правда, к сожалению, при суперкавитации снижается коэффициент полезного действия.

Нет такого вредного явления, которое нельзя было бы обратить в пользу – так считают многие изобретатели. Кавитация быстро разрушает самые твердые материалы? Прекрасно! Значит, следует ее использовать там, где это разрушение нужно. Каждый знает природную эмульсию – молоко, представляющую собой взвесь очень мелких капелек жира в воде. Но получать такие эмульсии в технике очень непросто. И здесь может помочь кавитация. Жидкость прокачивают по трубе с искусственным сужением и резким за ним расширением. В зоне расширения возникает кавитация, и взрывы охлопывающихся пузырьков дробят жидкость на микрокапли. Аналогичное (по идее, а не по конструкции) устройство обеспечивает дробление капелек жидкого топлива и хорошее перемешивание с воздушным потоком, что резко повышает эффективность его сгорания, снижает количество вредных примесей в выхлопе.

Кавитация прекрасно справляется с работой «прачки». Кавитационные пузырьки забираются под пленки масла, краски, продукты коррозии и разрывают их на мельчайшие частички, грызут их и снаружи. Кавитация и сама неплохо моет, в особенности в сочетании с другими моющими средствами: мылом, растворителями. Эффективность их совместного действия намного выше, чем сумма эффектов действия каждого из них в отдельности.

Кавитация может существенно интенсифицировать химическую реакцию двух жидкостей, во-первых, за счет интенсивного перемешивания, во-вторых, благодаря огромным местным давлениям, возникновению высоких температур, нарушению

межмолекулярных связей, возникновению электростатического потенциала и даже электромагнитного излучения, то есть множеству факторов, сопровождающих кавитацию и способных улучшить ход химической реакции.

Кавитацию можно получать не только гидродинамическим путем. Кавитационная полость возникает при наличии в жидкости больших внутренних усилий, разрывающих ее, резких перепадов давления. А это можно получить по-разному: возбуждением колебаний, взрывами, с помощью химических реакций. Чаще всего используется для получения кавитации ультразвук.

Задача 56. Кавитации нипочем даже самый твердый материал. Однако вот загадка – она «щадит» огромные валуны, веками лежащие в зоне прибоя, о которые постоянно бьется волна. А ведь это, казалось бы, наилучшие условия для кавитационного разрушения. Почему же валуны не разрушаются?

Задача 57. Проводя испытания на стенде, Изобретатель очень беспокоился из-за одной детали, наблюдать которую во время работы совершенно невозможно, но в случае появления в ней трещины испытание нужно было сразу прекращать. Ни световодов, ни микрокапсул с пахучими веществами не было, нужно было как-то обходиться своими силами, искать простые решения. Изобретатель нашел. Как?

ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКАЯ ХИМИЯ

– Знаете ли вы, как однажды солдат просил попить? – поинтересовался Физик, едва Изобретатель поднял телефонную трубку.

– Нет, а что?

– Бабушка, вынеси водички, а то так есть хочется, что прямо даже переночевать негде.

– Понятно, – рассмеялся Изобретатель. – Чем могу еще быть полезен?

– Спасибо! – обрадовался Физик. – Дело в том, что у нас приболел учитель химии. Не могли бы вы провести в моем классе несколько уроков? Не химии, конечно, а на ваше усмотрение, чтобы ребят не отпускать.

– Почему же, собственно, не химии? Я с удовольствием займусь с ребятами изобретательской химией. Впрочем, можно и математикой, и астрономией, даже историей, литературой.

– Знаете, насчет литературы и истории не я решаю, а вот астрономия, математика, может быть, информатика... Ловлю вас на слове!

...Ребята очень удивились, увидев Изобретателя:

– А у нас сегодня нет физики! Вы ошиблись!

– Да-да, у нас химия! – шумели они.

– А разве на уроке химии не нужно изобретать? – спросил Изобретатель.

– Какие изобретения? Налил одно вещество в другое, получил третье – и все дела!

– Ну тогда подскажите, что куда нужно налить, чтобы получить вот это? –

Изобретатель вынул из портфеля что-то похожее на кусок дерева и показал ребятам. – Можете подойти, посмотреть.

Странное это было дерево! Необыкновенно тяжелое, на срезе его были видны красноватые металлические блестки. Да и дерево ли это? Поры его оказались заполненными настоящей медью.

– Может быть, это дерево растили, поливая вместо воды купоросом? – предположил кто-то.

– Да ты что! Оно бы и дня не выдержало!

– Нет, его пропитали расплавленной медью!

– У меди температура плавления больше тысячи градусов! Дерево бы просто сторело! – спорили ребята.

Изобретатель не мешал им штурмовать задачу. Пусть сами убедятся (в который раз!), что стихийным перебором вариантов ее не осилишь. Когда предложения иссякли, спросил:

– Что, трудно угадать? Трудно. А как нужно такую задачу решать? Задача-то...

– Исследовательская!

– Верно. И что дальше?

– Нужно ее превратить в изобретательскую! Как сделать такую штуку?

– Хорошо. Что теперь?

– Нужно сформулировать идеальное решение...

– По щучьему велению...

– Найти противоречие: что мешает идеальному решению?

– А потом его разрешить!

– Все правильно, – одобрил план Изобретатель, – так и давайте работать.

– Задача: нужно пропитать поры дерева медью. Идеальный конечный результат (ИКР): медь сама проникает в поры.

– Медь просто так в поры не пойдет. Она же не жидкая. А плавить нельзя – очень горячая.

– Противоречие: должна быть жидкость, чтобы проникнуть в поры, и не должна быть жидкость, потому что жидкая медь очень горячая.

– Должна быть медь и не должна быть медь!

– Может быть, это какое-то соединение меди, жидкое, чтобы в поры попасть, а потом оно должно превратиться в чистую медь, – догадалось несколько ребят. Они стали листать свои учебники в поисках нужного соединения. Кто-то обнаружил на полке шкафа химический энциклопедический словарь. Не сразу, но нужную реакцию удалось найти.

Изобретатель довольно улыбался. Ребята не только решили задачу, но и сами открыли изобретательский прием, правда, еще не подозревая этого. Но всему свое время, А сейчас – новая задача.

Задача 58. Есть очень страшная болезнь – проказа, почти не поддающаяся лечению. Но одно средство имеется – нужно втирать сернистое соединение – этилмеркаптан. К сожалению, он кипит при невысокой температуре и к тому же обладает отвратительным, совершенно непереносимым запахом. Как же быть? Какое здесь противоречие?

– Вещество должно быть этилмеркаптаном, чтобы лечить, и не должно быть этилмеркаптаном, чтобы человек не страдал от его запаха.

– Хорошо. И как поступить?

– Нужно превратить этилмеркаптан на время в другое вещество, которое не имеет запаха!

– Он должен пробраться в организм больного в чужих одежках, а потом сбросить их!

– В шапке-невидимке!

– Нужно какое-то вещество, из которого этилмеркаптан получится прямо внутри человека!

– Отлично. Основную идею решения вы нашли.

– А что это за вещество? Мы не знаем...

– Да, идея – это еще не все решение. А вещество вы со временем узнаете. Может быть, на уроках химии. А может быть, придется заглянуть в справочники. Бывает, что требуемое вещество тоже нужно придумать – здесь возникают свои задачи, которые тоже можно решать с помощью ТРИЗ. Но давайте сформулируем полученную идею в общем виде. Для этого сравните обе задачи, которые мы сегодня решали. Похожи они?

– Похожи... Вещество сначала пряталось, притворялось другим, а потом появлялось.

– Верно. Мы использовали изобретательский прием, который называется «посредник». С его помощью решаются разные задачи, но химические чаще всего. Вот, например, такая задача.

Задача 59. Для того чтобы пластмасса со временем не портилась, нужно еще при «варке» связать имеющийся в ней кислород, который является причиной «старения» пластмассы; Сделать это, на первый взгляд, нетрудно. Нужно ввести в нее какое-то вещество, которое быстро окисляется и связывает кислород, например тонко измельченный железный порошок. Сложность в том, что он успевает окислиться за счет кислорода воздуха еще до того, как его введут в пластмассу, и потом уже «не работает». Как быть?

– Нужно засыпать порошок в пластмассу в вакууме, где нет воздуха!

– Или в камере, где вместо воздуха другой газ!

– Да, конечно, это бы решило проблему, – ответил Изобретатель. – Вот только во сколько обойдется такая установка! Да и время потребуется на то, чтобы ее построить. Плохое решение, дорогое. А как нужно решать такую задачу? Что у нас получилось?

– Противоречие! Нужно его разрешить, тогда получится хорошее решение.

– И какой прием разрешения противоречия применить?

– Посредник!

– Конечно! В данном случае посредником может послужить вещество из класса металлорганических соединений. Из названия видно, что это органическое вещество, содержащее металл, например железо, медь. Они бывают разными, обладают свойством распадаться при нагреве. Когда такое вещество, содержащее железо, вносят в горячую пластмассу, железо из него выделяется и спокойно связывает кислород в пластмассе. А до этого прекрасно хранится на воздухе.

Изобретатель достал из портфеля книжку в тонкой обложке, раскрыл ее и стал читать:

«У нее замерзли руки (во время поездки на санях) и я сказал: «Хорошо бы достать бутылку с горячей водой». «Замечательно! Только где же мы ее возьмем»? «Я сейчас сделаю ее», – ответил я и вынул из-под сиденья винную бутылку, на три четверти полную холодной воды. Потом достал оттуда же флакон с... и налил немного похожей на сироп жидкости в воду.

Через десять секунд бутылка так нагрелась, что ее нельзя было держать в руках. Когда она начинала остывать, я добавлял еще...»

Изобретатель сделал паузу и вопросительно посмотрел на ребят.

– Это кислота, серная кислота! – догадались ребята.

– Правильно, – сказал он и стал читать дальше:

«...а когда кислота перестала поднимать температуру, достал банку с палочками... и понемногу подкладывал их. Таким способом бутылка была нагрета до кипения почти всю поездку». Так что же автор книги подкладывал в бутылку? – То, что при взаимодействии с кислотой выделяет много тепла.

– Какую-то щелочь?

– Да, едкий натр. А взята эта история из воспоминаний выдающегося американского физика Роберта Вуда. Он был большим выдумщиком и очень изобретательным человеком.

– Ну, это простое изобретение. Все знают, что вода при взаимодействии с кислотой нагревается.

– Между «знать» и «уметь применить» часто лежит пропасть, – возразил Изобретатель. – Например, давно был известен способ обрызгивания перед уборкой картофеля ботвы разбавленной серной кислотой. При этом ботва гибнет вместе с возбудителями болезней, а картошку легко убирать с помощью специального комбайна. И только недавно догадались, как этот способ можно улучшить. Как?

– Наверное, как Вуд: использовать выделяющееся при смешивании воды и кислоты тепло?

– Конечно! У нас есть ресурс, его обязательно нужно использовать. Концентрированная кислота и вода поступают в разбрызгивающие форсунки из разных емкостей. При соединении смесь разогревается до восьмидесяти градусов, поэтому действует эффективнее, значит, можно снизить расход кислоты, дольше прослужит оборудование, подвергающееся коррозии.

– А во время войны использовали особые химические грелки, – вспомнил кто-то из ребят, – в них тлел угольный порошок.

– Верно. Или происходило каталитическое окисление бензина, спирта. По сути дела шло горение, но без пламени. Вообще для получения тепла годятся самые различные химические реакции, протекающие с выделением тепла – окисление, восстановление, замещение металлов в растворах солей и т. д., – подтвердил Изобретатель. – А еще примеры?

– В рукоятки лыжных палок вставляют что-то вроде свечи из прессованного угля и зажигают. Он тоже потихоньку тлеет и греет руки.

– Да, конечно. Итак, химия прекрасно позволяет использовать ресурсы и, значит, повышать идеальность технических систем, – подтвердил Изобретатель. – А вот другая история. Лет двадцать назад столкнулись с очень странным фактом в довольно простом химическом процессе. Две жидкости заливали в емкость и перемешивали с помощью стальной мешалки, они понемногу реагировали. Потом обычную мешалку решили заменить на «магнитную»: насыпали в емкость ферромагнитный порошок, а снаружи разместили электромагнитную обмотку.

Электромагнит создавал бегущее магнитное поле, вращающее ферромагнитные частицы, перемешивающие жидкости. По расчетам реакция должна была ускориться раза в два за счет лучшего перемешивания. А на самом деле ускорилась в сотни раз! Почему? Вот такая задача...

– Может быть, железо сработало как катализатор?

– Да нет, мешалка была тоже стальная!

– Ну и что? Пока мешалка была цельная, это свойство ее не проявлялось, а когда ее «раздробили», заменив ферромагнитным порошком, поверхность соприкосновения железа с жидкостями увеличилась во много раз – вот реакция и активизировалась! – спорили ребята.

– Ну что же, предположение вполне возможное. А как проверить?

– Нужно исследовать, как влияет ферромагнитный порошок на скорость реакции, например, просто насыпать в емкость порошок и посмотреть, как она идет.

– Такой опыт проделали. Реакция не ускорилась.

– А магнитное поле? Оно не влияет?

– Проверили. Не влияет. Вы перебираете варианты, а это неэффективно. Какая у нас задача?

– Исследовательская!
– Верно. И как же нужно поступить?
– Превратить ее в изобретательскую!
– Вместо вопроса «как объяснить?» задать вопрос «как сделать?»
– Хорошо. А дальше?
– Применить вепольный анализ. У нас есть V_1 —одна жидкость, V_2 – другая... И еще ферромагнитный порошок – V_3 . Но в веполе должно быть только два вещества. – Ничего страшного. Бывают комплексные веполи, когда одно из веществ как бы сдвоено. Такой веполь выглядит так:

А поле у нас какое?

– Механическое!
– Нет, магнитное!
– Но ведь ни механическое, ни магнитное поле не могут, как мы только что выяснили, дать ускорение реакции в сотни раз. Как быть?
– Значит, нужно другое поле! Из МАТХЭМ!
– Верно. Но не забудьте, что исходная наша задача не изобретательская, а исследовательская. А это значит, что необходимое поле должно быть среди ресурсов.
– Но у нас только два ресурсных поля: механическое и магнитное, и оба не годятся. Ничего не выходит...
– Рано сдаетесь. Вы забыли, что поля могут превращаться, взаимодействовать друг с другом. Например, переменное магнитное поле может создавать электрическое. Впрочем, не будем торопиться и рассмотрим варианты по порядку.
– По МАТХЭМ?
– Конечно. Начинайте.
– Механика. У нас есть вращение, перемешивание, гравитация... Эти поля ничего не дают.
– Не торопитесь. На самом деле все намного сложнее. Магнитное поле не только движет по кругу каждую частицу, но еще и заставляет ее вращаться и колебаться тоже. А это уже акустика. Известно, что звук, ультразвук способен ускорить практически любую реакцию, в которой участвуют жидкие, газообразные и даже твердые вещества.
– Ну, тогда все понятно! В этом и причина!
– Опять торопитесь. Поля-то еще не кончились. Что у нас дальше?
– Тепловое поле.
– Давайте подумаем, может ли у нас возникнуть тепловое поле?
– Наверное, может... В принципе, ферромагнитные частицы могут нагреваться в переменном магнитном поле. И тогда тепло может ускорить реакцию!
– Хорошо. Как обстоит дело с химией?
– Мы же выяснили, что железо не является катализатором. Значит, химическое поле не срабатывает.
– Пожалуй, в первом приближении вы правы. Дальше.
– Электрическое. Вы говорили...

– Да, я говорил, что переменное магнитное поле может создавать электрическое. Но это не единственный способ.

– Еще частицы могут заряжаться в результате трения в жидкости.

– Верно. Причем, нужно учесть, что из-за заостренной формы частиц электрические поля могут иметь очень высокую напряженность – вы ведь проходили по физике, что напряженность поля на острие иглы очень велика даже при небольшом заряде?

– Проходили. При этом часто возникает свечение – коронный разряд. А такое поле влияет на реакцию?

– Электрические поля большой напряженности ионизируют жидкости, создают в них так называемые свободные радикалы – чрезвычайно активные частицы, резко ускоряющие реакцию.

– Тогда получается, что и химическое поле работает.

– Да. Но мы еще не исчерпали всех возможностей электрических полей. Дело в том, что в принципе между заряженными ферромагнитными частицами могут проскакивать электрические разряды. Каждый очень слабенький, но таких будет множество. А в таком разряде возникают скачки температуры в десятки тысяч градусов, давления – в тысячи атмосфер, в таких условиях происходят совершенно не обычные реакции, возникают звуковые, световые поля, радиоволны. И все это тоже может активизировать химические реакции.

– Получается, что все поля работают. И все ускоряют реакцию.

– Верно. Кстати, а если нужно замедлить реакцию, как быть?

– А зачем замедлять? Разве так бывает?

– Вы забыли. Мы с вами уже решали задачи, в которых нужно было именно замедлить реакцию. Например, горение...

– А, это задача про тушение пожара!

– Правильно. А вот какое изобретение было сделано совсем недавно. Вы знаете, какая нагрузка падает на тормоза в транспортных средствах. Чем сильнее они прижимаются к рабочей поверхности, тем эффективнее торможение, но растет и нагрев, окисление поверхности. Тормозные колодки быстро выходят из строя. И вот в узлы трения направили некоторое количество отработанных выхлопных газов. И срок службы вырос в десятки раз.

Еще одно остроумное использование выхлопных газов: выхлопную трубу трактора вывели к лемеху плуга, и газ стал выходить под пласт земли. Во-первых, тем самым он фильтруется, проходя сквозь рыхлую землю, и не отравляет атмосферу, во-вторых, содержащиеся в выхлопе окислы азота, углекислый газ и другие вредные для дыхания вещества являются прекрасным удобрением!

Так вот, мы говорили о замедлении реакций. Наложение переменных полей практически всегда их ускоряет. А постоянные поля могут и ускорять, и замедлять в зависимости от знака и других параметров. Например, обрабатывать детали из натрия (это очень активный металл, вы знаете) можно только в инертной среде. Но если кусок натрия предварительно охладить жидким азотом и быстро, не дав ему отогреться, обработать, то это можно спокойно делать в обычной воздушной атмосфере. Есть реакции, которые могут идти только при повышенном или, наоборот, пониженном давлении. Это значит, что меняя давление, можно тормозить ход реакции. Вам

известны катализаторы – вещества, ускоряющие реакцию. Но есть и ингибиторы, которые эти реакции замедляют. Вот пример: для очистки корпусов кораблей от ржавчины, наростивших ракушек было бы хорошо использовать кислоту, скажем, серную. Однако она разъедает не только наросты, но и корпус корабля. Но оказывается, серная кислота с ингибитором коррозии железо не «трогает», а все остальное «съедает» прекрасно. А самым сильным «начальником» для любых химических реакций считается по праву электрическое поле. Как вы думаете, почему?

– Все вещества состоят из атомов, а атомы – из ядер и электронов!

– Внутри веществ – ионы, электроны, ими электрическое поле и управляет!

– Но для этого ионы нужно освободить!

– Конечно. Химическая реакция именно это и делает. Во время ее протекания электроны, ионы переходят от одного вещества к другому, и вот тут, в момент перехода, их может «перехватить» электрическое поле, направить куда нужно, – уточнил Изобретатель.

– Например, при электролизе: включил поле – реакция идет, выключил – прекратилась.

Если менять полюса, то можно растворять то один, то другой полюс.

– Во время войны при эвакуации завода нужно было вывести несколько тысяч тонн серной кислоты, необходимой для производства боеприпасов. Но имелись только стальные цистерны, и совсем не было ингибиторов. В принципе, серную кислоту можно возить в стальных цистернах, но только в том случае, если кислота концентрированная. Она так бурно начинает взаимодействовать с железом, что на металлической поверхности сразу образуется нерастворимая защитная пленка из продуктов реакции. Но в нашем случае дело обстояло сложнее – кислота была разбавленной. Как быть?

– А нельзя кислоту как-то сконцентрировать?

– Нет.

– Значит, нужно затормозить реакцию. Это можно сделать электрическим полем?

– Для этого потребуется очень большой ток, который негде взять, кроме того, при большом токе начнет разлагаться и кислота.

– Тогда можно усилить реакцию, чтобы она шла, как у концентрированной кислоты!

– Верно. Именно так и была решена тогда эта задача. На каждую цистерну поставили по аккумулятору. Отрицательный электрод ввели через горловину цистерны прямо в кислоту, а положительный соединили с корпусом. Ток нужен был совсем не большой, например, на цистерну объемом в 50 кубических метров в зависимости от времени года требуется от 0,1 до 1 ампера. Сегодня этот способ называется катодной защитой и широко используется в народном хозяйстве для защиты от коррозии опор линий электропередач, трубопроводов, корпусов кораблей, других металлоконструкций.

– Странно получается. Сегодня у нас урок химии, а речь идет об электролизе, который мы и на физике проходили. Почему это так?

– А потому что никакой физики или химии отдельно в природе не существует. Это мы, люди все так для своего удобства разделили. Хотя, если честно признаться,

столько при этом возникает путаницы! Разделяем по традиции, вопреки единой природе. Поэтому и появляется физическая химия и химическая физика...

ИГЗ: ТАМ, ЗА ГОРИЗОНТОМ

В этот раз Изобретатель решил показать ребятам книги по ТРИЗ и другие источники, которыми он пользовался при подготовке к занятиям в течение года. В День Знаний и потом он приносил некоторые из них в школу, показывал, но теперь пришло время как можно шире познакомить ребят с ними, чтобы они смогли дальше заниматься самостоятельно. Предстояла трудная работа – отобрать из множества книг самые важные, а также те, по которым можно увидеть историю создания и развития ТРИЗ.

Альтшуллер Г. С. Как научиться изобретать. Тамбов: Тамбовское книжное издательство, 1961.

Эту книгу, первую из всех книг по ТРИЗ, Изобретатель недавно с трудом выменял у знакомого. С особым вниманием читал он ее, узнавая и не узнавая черты современной ТРИЗ. Скорее всего она оказалась похожей на известную нам сегодня ТРИЗ, как ребенок на взрослого. В книге явно просматривались черты «взрослой» ТРИЗ: понятие противоречия и приемов его разрешения, идеальности, важная роль физических эффектов и явлений при решении изобретательских задач.

Альтшуллер Г. С. Алгоритм изобретения. М.: Московский рабочий, 1969 (1-е изд.), 1973 (2-е изд.).

С этой книги началось знакомство Изобретателя с ТРИЗ. В отличие от предыдущей она довольно толстая, в ней подробно рассмотрены и обоснованы основные положения теории. Приведены две модификации алгоритма решения изобретательских задач (1961 и 1971 годов), что позволяет наглядно увидеть направление развития ТРИЗ. Подробно разобран ряд изобретательских задач. До сих пор многие изобретатели пользуются вкладышем к книге – таблицей выбора приемов устранения противоречий.

Альтшуллер Г. С. Творчество как точная наука. М.: Советское радио, 1979.

Эта книга тоже памятна Изобретателю. К моменту ее выхода он уже чуть ли не наизусть знал «Алгоритм изобретения», решил с ее помощью ряд собственных производственных задач, вел по ней занятия по изобретательству и был уверен в том, что в теории изобретательства тайн для него не существует. И вдруг выходит книга, в которой многие темы изложены иначе, гораздо лучше, приведены новые инструменты решения изобретательских задач, такие как вепольный анализ, метод моделирования маленькими человечками... Но самое главное впечатление, которое Изобретатель вынес из знакомства с ней, было понимание, что теория развивается, что она совсем молода, что у нее большие резервы развития и он, Изобретатель, может в этом развитии участвовать! Именно тогда началось его превращение в профессионала-тризовца.

Рядом с этой книгой в мягкой обложке Изобретатель положил другую, в гляцевитой обложке черного цвета, большего формата и почти вдвое толще. Тем не менее это та же книга, только в переводе на английский язык, выпущенная издательством Gordon and Breach Science Publishers, вышедшая в Нью-Йорке, Лондоне, Париже, Монре, Токио. Ее название на английском «Creativity as an Exact Science. (The Theory of the Solution of Inventive Problems)». Очень жаль, что тираж, которым вышла эта очень нужная книга в нашей стране, куда меньше, чем в США и ГДР.

Альтов Г. И тут появился изобретатель. М.: Детская литература, 1984 (1-е изд.), 1987 (повторное изд.) и 1989 (2-е изд., дополненное и переработанное).

Алтот Г. Ши атунч апаре инвентаторул. Кишинев: Лумина, 1987.

Эти две книги выглядят на первый взгляд совершенно одинаково. Ничего удивительного. Книжка, излагающая основы ТРИЗ для школьников, переведена на молдавский язык. Вышла она и в Латвии на латышском языке. Написана она на базе многолетних публикаций в газете «Пионерская правда» рубрики «Изобретать – это так просто, изобретать – это так сложно!», которую вел Г.С. Альтшуллер. В ней разобрано 60 задач, приведено множество примеров изобретений. Эта рубрика продолжает выходить и сегодня, вместе с Г. С. Альтшуллером ее ведет его ученик И. М. Верткин.

Альтшуллер Г. С. Найти идею. Новосибирск: Наука, 1986.

Книга отразила очередной этапный момент в развитии ТРИЗ. Наконец-то Изобретатель смог прочитать в ней об отдельных моментах становления ТРИЗ, о которых раньше только слышал от Г. С. Альтшуллера: о том, как решали задачу по изобретению нового типа ледокола, о конвейере для прокатки стекла и другие. Помимо последней модификации алгоритма решения изобретательских задач, ранее не публиковавшейся, в книге начат разговор о качествах, необходимых человеку для того, чтобы стать творческой личностью.

Иванов Г. И. ...И начинайте изобретать! Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 1987.

Эту книгу написал коллега Изобретателя, автор множества великолепных изобретений, преподаватель ТРИЗ. В ней описаны многие его идеи, в том числе довольно необычные. С помощью ТРИЗ он возможно разрешил вековую загадку моаи – великанов с острова Пасхи!

Петрович Н. Т., Цуриков В. М. Путь к изобретению. М.: Молодая гвардия, 1986.

Один из авторов этой книги, вышедшей в популярной серии «Эврика», В. М. Цуриков – тоже коллега Изобретателя. Это под его руководством в Минске разрабатывается интеллектуальная программа для ЭВМ «Изобретающая машина». Авторы постарались показать весь путь изобретателя – от поиска темы изобретения,

выбора и точной формулировки изобретательской задачи до ее решения с помощью ТРИЗ и оформления заявки на изобретение. Изобретатель перевернул книгу и засмеялся, взглянув на подписи под фотографиями авторов. Он вспомнил, как вскоре после выхода книги получил от В. М. Цурикова письмо, в котором тот между прочим напоминал, что его зовут по-прежнему Валерием (пока он был в годичной командировке в Англии из-за путаницы в издательстве под его фотографией стояло «Владимир Михайлович Цуриков»).

Альтшуллер Г. С., Злотин Б. Л., Филатов В. И. Профессия – поиск нового. Кишинев: Карта Молдовеняска, 1985.

В этой книге рассказано об опыте практического решения задач, приведено много примеров, изложены основы теории. Ею Изобретатель в основном пользовался при работе со взрослыми.

Дерзкие формулы творчества. Петрозаводск: Карелия, 1987.

Нить в лабиринте. Петрозаводск: Карелия, 1988.

Правила игры без правил, Петрозаводск: Карелия, 1989.

Эти три прекрасно изданные книжки из выходящей в Карелии уникальной серии «Техника-молодежь-творчество». Книги в этой серии выходят каждый год, у них один и тот же составитель – еще один коллега Изобретателя – А. Б. Селюцкий. Каждая книга – сборник работ исследователей тризовцев. В них рассказывается об инструментах ТРИЗ, использовании физических, химических, геометрических эффектов и явлений, решении учебных и практических задач. И в каждом сборнике обязательно публикуется отличная фантастика – необходимый инструмент для борьбы с психологической инерцией!

Злотин Б. Л., Зусман А. В. Месяц под звездами фантазии. Кишинев: Лумина, 1988.

Этой книгой, рассказывающей об обучении ребят творчеству в летней школе научного общества учащихся «Вииторул», Изобретатель часто пользовался, готовясь к занятиям с ребятами. Из нее брал учебные задачи, методику изложения некоторых разделов ТРИЗ.

В следующей стопке лежал учебник физики для 8-го класса. Изобретатель посмотрел на обложку. Один из его авторов – И. К. Кикоин, знаменитейший физик-экспериментатор. Изобретатель его очень уважал. Но до чего же плохой учебник! Непонятный, усложненный, лишенный наглядности... Изобретатель взглянул на чудом сохранившийся старый учебник А. В. Перышкина, на трехтомник Г. С. Ландсберга и десять тонких томиков Фейнмановских лекций по физике, благодаря которым он когда-то поступил в институт, в которые и сейчас иногда заглядывал при решении изобретательских задач. Довольно часто он открывал Физический энциклопедический

словарь и толстые тома Физической энциклопедии. «Ну уж это я в школу не потащу!» – подумал он.

А все-таки самая полезная для тех, кто хочет стать учеными, изобретателями – научно-популярная литература. Сегодня ее взрослые читают куда больше, чем дети, для которых она когда-то предназначалась. Ведь нет лучшего способа познакомиться с чужими областями знания, откуда можно позаимствовать новые оригинальные идеи, подходы, просто факты. Невозможно даже перечислить книги, которые просматривал Изобретатель, готовясь к занятиям, – ими забит целый шкаф.

Очень нужны и книги по истории науки и техники: они помогают познакомиться не только с сегодняшним состоянием предмета, но и увидеть его живым, в становлении, развитии. Изобретатель достал толстый том в коленкоровом переплете «Чудеса техники. Иллюстрированная история успехов техники и картина ее современного состояния» Составлено группой специалистов под редакцией инженера-технолога В. В. Рюмина. С.-Петербург. Книгоиздательство П. П. Сойкина, Стремянная, 12, собств. дом. 1911 г.». Изобретатель с удовольствием прочитал несколько страниц с «ятями» и твердыми знаками. Очень интересная книга, ее непременно нужно показать ребятам!

А вот не менее интересные, хотя куда более современные, – два больших тома «Техника в ее историческом развитии», выпущенные издательством «Наука» в 1978 и 1982 годах. Великолепную книгу Дж. Бернала «Наука в истории общества», вышедшую в 1956 году, ребята, конечно, не смогут достать, но ведь ее можно почитать в читальном зале, как это когда-то сделал сам Изобретатель. «Курс истории физики» П. С. Кудрявцева выходил неоднократно и его, по мнению Изобретателя, должен иметь каждый учитель физики. А каждому химику очень было бы полезно иметь серию книг «Всеобщая история химии», выходящую в издательстве «Наука». Конечно, не обязательно, чтобы ребята и учителя читали именно эти книги по истории науки и техники – таких книг выпускается немало. Но важно читать, понимать, запоминать, ведь история – это всегда урок будущего. Вот почти целая полка солидных томов с одинаковыми названиями: «Пути в незнание. Писатели рассказывают о науке». Изобретатель очень любит их время от времени перечитывать. Первый выпуск этой серии он прочитал еще мальчишкой и был поражен удивительным миром физики, раскрывшимся в повести Д. Данина «Неизбежность странного мира».

Еще стопка очень нужных книг – о творцах нового в науке, технике, искусстве. Особенно интересны книги, написанные самими творцами. Вот например, сборник статей Петра Леонидовича Капицы «Эксперимент, теория, практика», книга знаменитого математика и кораблестроителя Алексея Николаевича Крылова «Мои воспоминания», книги создателя знаменитых истребителей «Як» Александра Сергеевича Яковлева «Цель жизни. Записки авиаконструктора», чемпиона мира по шахматам Михаила Моисеевича Ботвинника «Аналитические и критические работы. Статьи, воспоминания» и многие другие. Читая эти книги, знакомишься с стилем мышления, подходом к решению задач, берешь уроки жизни у их авторов. Немало

отличных книг о творческих людях написано и писателями, журналистами. Знаменитая серия книг Ирвинга Стоуна, герои которой Микельанджело, Ван-Гог, Джек Лондон и Чарльз Дарвин.

Изобретатель вспомнил, с каким интересом слушали ребята его рассказ об авиаконструкторе Р.Л. Бартини. Факты его биографии Изобретатель взял из книги И. Чутко «Красные самолеты». Не раз перечитывал он и книгу В. Сибрука «Роберт Вуд – современный чародей физической лаборатории. История американского мальчика, который стал самым дерзким и оригинальным экспериментатором наших дней, но так и не вырос».

Вздыхнув, Изобретатель посмотрел на полки, битком набитые журналами. Хотя каждый год он вырезал и переплетал самые интересные статьи, журналы накапливались очень быстро. Немалую часть своего времени он тратил на их чтение – ничего не поделаешь, профессиональная необходимость. Изобретатель отложил в сторону «Знание – сила», «Техника – молодежи», «Наука и жизнь» – их ребята более или менее знают, многие выписывают и читают регулярно. Меньше повезло журналу «Химия и жизнь», возможно из-за более специализированного названия. Однако знакомые, которым Изобретатель давал почитать этот великолепный журнал, тоже начинали его выписывать – настолько много в нем полезной и интересной информации не только по химии, но и по технике, биологии, медицине, воспоминаний ученых, фантастики. Но меньше всего известен ребятам «родной» журнал Изобретателя «Изобретатель и рационализатор», просто ИР, как его обычно называют читатели. А ведь, по мнению Изобретателя, это – лучший из журналов для инженера, да и ученого тоже. Большая часть интересных решений известна Изобретателю из ИРа. Этот журнал приходится выписывать в двух экземплярах, чтобы была возможность подшить в соответствующие папки все нужные материалы. Порой после «раздирки» Изобретатель изумлялся – в макулатуру из всего журнала шло не более двух-трех листов, а остальное – в подшивки на «вечное хранение».

Изобретатель сложил отобранные книги в огромную дорожную сумку. «Как я ее доволоку? – подумал он. – Ну, ничего, ребята помогут».

О НАУКЕ, ТАЛАНТЕ И ДРУГИХ ВЕЩАХ

Изобретатель и не заметил, как пролетел учебный год. На последнее занятие он шел, обуреваемый самыми разными чувствами. Он радовался, что выдержал нелегкое испытание (вряд ли кто-нибудь назовет работу в школе легкой), грустил о том, что заканчивается такой интересный период в его жизни.

– Так что же все-таки интереснее, физика или наука об изобретательстве? – задали ребята Изобретателю неожиданный вопрос.

– Для меня безусловно интереснее ТРИЗ.

– Но ведь физику предпочли другим наукам такие гении, как Эйнштейн, Ландау, Резерфорд.

– Во-первых, гении были и в других областях, например Дарвин в биологии. Во-вторых, кто это такой – гений? Чем он отличается от обычных людей?

– Ну, это человек, открывший что-то новое, важное для людей. Который очень много сделал...

– А Фарадей – гений?

– Наверное. Он открыл законы электролиза, связь между электричеством и магнетизмом...

– И еще между магнетизмом и светом, химическое действие электрического тока и т. д. и т. п. Большинство его открытий лежит в области только зарождавшейся тогда электротехники. Именем Фарадея названы законы, постоянные, единицы измерения. Безусловно, гений, – подтвердил Изобретатель, – гений-электротехник. А как вы думаете, смог бы Фарадей так много сделать в электротехнике, если бы он занялся ею сегодня, когда сотни тысяч специалистов в разных странах работают в этой признанной отрасли науки?

Ребята задумались. Вопрос, конечно, непростой. На помощь пришел Физик:

– Конечно, Фарадей был очень талантливым человеком. Он и сегодня, скорее всего, добился бы немалых результатов...

– Стал бы академиком!

– Да, возможно. Но боюсь, Фарадеем он бы не стал – законы были бы уже названы другими именами, то же самое можно сказать и о единице измерения – фараде.

– Словом, это место было бы уже занято другим физиком, родившимся более своевременно, – заключил Изобретатель. – Знаете, это как в лесу при сборе грибов: кто пришел первым на грибное место, тот и соберет много грибов, даже если он и не очень хороший грибник. А вот если в лесу уже побывало много народу, тут нужна особая зоркость, опыт, удача, наконец. Ну, а если весь лес прочесали полчища грибников или грибной сезон уже закончился – никакая удача не спасет: нет там больше грибов – и все!

– Вы мне напомнили о классификации физиков-теоретиков, придуманной когда-то Ландау, – сказал Физик. – Он разделил всех физиков на пять классов. Деятельность их оценивалась по логарифмической шкале: каждый ученый из предыдущего класса сделал в науке в десять раз больше, чем из последующего. По этой классификации в первый класс входили Н. Бор, Э. Шредингер, В. Гейзенберг, П. Дирак, Э. Ферми и еще некоторые. Для А. Эйнштейна он ввел половинный класс, а себя отнес к классу два с

половиной. Правда, позднее, когда были сделаны важнейшие работы, Ландау перевел себя во второй класс. Он считал, что опоздал родиться лет на 6-7, потому и не попал в компанию «первоклассников». А Дирак благодарил судьбу за то, что родился вовремя, потому что период, длившийся в течение нескольких лет после 1925 года, оказался золотым веком, когда быстро развивались основные идеи новой области физики – квантовой механики.

– Получается, что гений – это тот, кто вовремя родился?

– Нет, конечно. Вот уж кто «опоздал», так это Е. О. Патон. Впрочем, к 60 годам он достиг немалых результатов: за большие заслуги в области мостостроения он был избран действительным членом Академии наук УССР. Но мировую известность Е. О. Патон приобрел лишь после того, как вместо ухода на пенсию решил приобрести новую профессию и занялся совершенно новой деятельностью – электросваркой, создал методы проектирования сварочных конструкций. Патон пошел в новое дело и более двадцати лет отдал ему. Трудно предположить, что у него гениальность «прорезалась» к 60 годам. Просто гением становится тот, кто сумел разглядеть новую, еще мало кому известную область человеческой деятельности, пришел в нее, стал ее создавать и вырос вместе с ней.

– Если снова использовать вашу аналогию со сбором грибов, получается, что гений – это тот, кто не пошел в ближайший лесок, давно облюбованный тысячами горожан, а отправился в дальний лес, долго брел по нему, разыскивая заветную полянку, – добавил Физик.

– Совершенно верно! В первую очередь будущему гению важно понимать необходимость идти нехоженными путями.

Конечно, нужны и другие качества: умение и желание работать, преданность выбранному делу. Впрочем, о качествах, необходимых для того, чтобы стать гением, творческой личностью, очень хорошо написано в недавно вышедшей книге «Нить в лабиринте», в статье И. М. Верткина «Бороться и искать», – Изобретатель показал ребятам блестящую обложку книги. – Но вернемся к вашему вопросу. Теперь, я думаю, мой ответ понятен: ТРИЗ – новая наука, в ней есть возможность вырасти в гения пошутил Изобретатель.

– Значит, вы считаете, что в физике такой возможности уже нет? – спросили ребята.

– Безусловно, есть. Совсем недавно возникла новая физическая наука – синергетика, она изучает вопросы Самоорганизации сложных структур: от воронки, возникающей в отверстии ванны при сливе воды, до живого организма. Новые пути всегда есть! – ответил Изобретатель.

– И у вас имеется рецепт, как их находить? – несколько язвительно поинтересовался Физик.

– Нет, к сожалению, пока такого рецепта у меня нет, – отвечал Изобретатель, не обращая внимания на иронию. – Но некоторую помощь в этом нелегком деле можно оказать.

– Расскажите!

– Как? Это же очень интересно! – зашумели ребята.

– Пожалуйста. Еще в шестидесятых годах Г.С. Альтшуллер написал статью под названием «Как делаются открытия». Он проанализировал историю развития

некоторых областей науки и выявил ряд приемов открытия новых явлений. Например, очень полезно обращать внимание на аномалии, искать «белые пятна». Вообще из аномалий неоднократно выростали новые науки и отдельные научные направления.

– Когда Макс Планк учился в Мюнхенском университете, – сказал Физик, – его учитель, профессор М. Жолли не советовал ему связывать свои научные интересы с физикой. Он сказал, что здание физики как науки в принципе завершено, за исключением некоторых деталей. Такого мнения придерживался и знаменитый физик лорд Кельвин, заявивший в конце XIX века, что физика разрешила все кардинальные вопросы, за исключением двух нерешенных проблем – «двух облачков», несколько омрачавших радужную картину. Одно из них – опыт Майкельсона-Морли, показавший, что скорость света не зависит от его источника, что не согласовывалось с классической электродинамикой. Из этого несоответствия в дальнейшем «выросла» теория относительности.

– Ничего себе «облачко»!

– А второе?

– Два выдающихся физика, Рэлей и Вин вывели каждый свой вариант закона распределения энергии излучения абсолютно черного тела...

– А что такое абсолютно черное тело?

– Так в термодинамике определяется идеализированный объект, который поглощает все падающие на него лучи, ничего не отражает, – пояснил Физик и продолжал, – оба закона были прекрасно обоснованы, к выводам претензии не было, но давали совершенно разные результаты. Так, закон Вина неплохо совпадал с экспериментальными данными в области коротких волн, а закон Рэля-Джинса (Джинс внес в закон Рэля некоторые поправки) хорошо соответствовал эксперименту в области длинных волн, а в области коротких давал резкое расхождение. Ситуация возникла критическая: из вполне доказанных положений одной теории – термодинамики получены две формулы, дающие разные результаты! Да к тому же обе лишь частично совпадают с экспериментальными данными, причем при разных частотах излучения. Пауль Эренфест назвал эту ситуацию «ультрафиолетовой катастрофой».

– Вообще-то правильнее ее было назвать иначе, – перебил его Изобретатель. – Как вы считаете? – обратился он к ребятам.

– Это было противоречие! – догадались они после небольшой заминки.

– Совершенно верно, – согласился с ними Изобретатель. – И что положено делать с противоречиями?

– Разрешать!

– И как же такое противоречие разрешить? Впрочем, о подобных приемах мы еще не говорили. Макс Планк предположил чисто формально, что энергия может излучаться только порциями (квантами). Он не только не признавал, но и много лет боролся против отношения к придуманным им квантам как к физической реальности. Первым принял всерьез идею квантов А. Эйнштейн, более того, он заявил, что свет не только излучается, но и поглощается и распространяется квантами. Используя идею световых квантов, Эйнштейн создал теорию фотоэффекта, за что получил Нобелевскую премию. Так вот, в истории физики неоднократно возникали противоречия, и очень часто они разрешались путем введения гипотетического

явления, снимающего затруднение. Так были введены «ток смещения» в уравнениях Максвелла, орбиты Бора... Вообще, в истории физики было немало чрезвычайно интересных и даже драматичных моментов.

– Значит, и в физике много интересного?

– Знаете, мне ваш вопрос о том, что интереснее физика или ТРИЗ, с самого начала не очень понравился. Ну почему должно быть «или-или»? Это все следствие узкой специализации в науке, которая продолжает углубляться, несмотря на то, что сегодня выражение типа «открытия делаются чаще всего на стыках наук» стало банальным. А ТРИЗ с самого начала была теснейшим образом связана с физикой.

– Потому что изобретатели используют физику?

– Да, но не только. Сегодня ТРИЗ практически переросла свое название и превратилась в ТРТС – теорию развития технических систем, но и это промежуточный этап. Я, например, веду исследования в области закономерностей развития любых систем, в том числе и научных, поэтому очень внимательно изучаю историю науки, физики в первую очередь.

– А как все-таки стать универсалом?

– Это очень непростая проблема, в принципе – изобретательская задача. Ведь подготовка универсальных специалистов связана с большими затратами времени.

– А разве ТРИЗ не может помочь такую проблему решить?

– Ну почему же? Может. – Наверное, у вас уже есть решение?

– Пока только некоторые идеи.

– Расскажите, пожалуйста! – Одна идея заключается в том, что нужно выделить в каждой специальности ядро, общее для всех профессий или для группы профессий, и этому учить в первую очередь. Таким ядром могут быть общие закономерности развития, умение выявлять и разрешать противоречия...

– То есть ТРИЗ?

– ТРИЗ в первую очередь. И еще кое-что. Интересно, что проблема подготовки универсалов нашла отражение в фантастике. В одном из рассказов А. Азимова описан мир будущего, в котором каждый ученый – узкий специалист, причем считается чрезвычайно неприличным интересоваться чужими областями исследований. Открытий в таком мире не густо – узким специалистам серьезные открытия не по силам. Но в этом странном и довольно скучном мире есть удивительная специальность «писатель» по науке. Это – литераторы, способные выслушать узкого специалиста и изложить тему его исследований простым, понятным для непосвященных языком.

– Популяризаторы?

– Что-то вроде того.

– Наверное, в том мире все интересуются наукой?

– Вовсе нет. Но для того, чтобы получить средства на свою работу, каждый специалист должен суметь заинтересовать тех, кто эти средства распределяет – отнюдь не специалистов. И вот такой «писатель» сегодня работает с физиком, завтра – с биологом, послезавтра – с социологом и так далее. Вот он-то и получает возможность совершать крупные открытия!

– А вы как-то рассказывали, что тоже работаете с разными специалистами, помогаете им решать свои проблемы...

– Да, мне часто приходится руководить так называемыми временными рабочими группами – ВРГ. Например, если нужно усовершенствовать насос, я собираю в ВРГ специалистов, все знающих о насосе: конструктора, исследователя, экономиста, производственника, эксплуатационника и т. д. Я, как руководитель ВРГ, задаю специалистам вопросы, исходя из законов, приемов, правил ТРИЗ, а они мне отвечают, исходя из знания насоса. И вместе мы находим решения, которые не смогли бы найти по от дельности.

– А вы многими ВРГ руководили?

– Да, их было немало.

– Значит, вы тоже можете делать открытия, как те писатели при науке?

– Насчет открытия пока трудно сказать, мы ведь в основном решали технические, а не научные проблемы. А в изобретательстве мне очень помогает знание идей из самых разных областей. Ведь многие задачи, несмотря на внешние различия, часто похожи друг на друга – мы их называем задачами-аналогами. Иногда можно просто переносить решения из одной области в другую практически без изменений. А вообще-то я уверен, что когда-нибудь появятся специалисты-поисковики и в науке, которые, собрав группу ученых разных специальностей, будут вместе с ними решать научные задачи. Тем более, что некоторые подходы к их решению, как я вам рассказывал, сегодня уже есть.

– Я вчера по телевизору слышал: в Америке получили термоядерную реакцию при комнатной температуре. Как это удалось?

– Да, очень любопытно, – ответил Физик.

– Ведь для термояда необходимо сильно сблизить два ядра дейтерия (изотопа водорода), чтобы они слились и получился гелий. Для этого нужны огромные, давления и температуры. В водородной бомбе они достигаются предварительным ядерным взрывом. Много лет ведутся работы по мирному использованию термояда с помощью установок типа ТОКАМАК, но результата пока нет.

– В сегодняшней газете есть подробности, – перебил его Изобретатель. – М. Флейшманн и С. Понс использовали электролиз тяжелой воды (в ней вместо водорода дейтерий) с катодом из редкого металла – палладия, который очень жадно поглощает водород или дейтерий. Я здесь видел у вас «Популярную библиотеку химических элементов»... Вот : Изобретатель снял с полки книгу и стал листать. – Один объем палладия при комнатной температуре вбирает 950 объемов водорода! По-видимому, при этом ядра дейтерия сближаются на нужное расстояние. Очень красивое открытие!

– А с помощью ТРИЗ такое открытие можно было сделать? – Почему бы нет? – ответил Изобретатель. – Во всяком случае его можно было бы развить, улучшить.

– Давайте попробуем!

– Давайте. Процесс можно улучшить введением полей. Каких?

– Нужно по МАТХЭМ!

– Начнем с механики. Атомы дейтерия в палладии уже сблизались примерно в тысячу раз. Как их сблизить еще теснее?

– Увеличить давление? Наверное, дейтерий будет лучше растворяться в палладии.

– Можно сам палладий сдавить!

– Лучше ударом! Сплющить палладий ударом с двух сторон молотками. Атомы на мгновение сблизятся.

– Пожалуй, молоток здесь не очень подходящий инструмент,– улынулся Физик.– По-моему, лучше акустика. Например, тонкая лента палладия, насыщенная дейтерием, находится в жидкости, в которой создаются стоячие волны.

– А еще лучше динамит!

– Да, в несжимаемой жидкости может получиться сильный удар,– согласился Изобретатель.– Но посмотрим другие поля. – Тепло? Нагревать, наверное, нельзя,– сказал Физик. – Вода испарится.

– Это плохо. Ведь термояд нужен именно для получения тепла: чем его больше, тем выше эффективность установки, иначе это просто любопытный физический опыт и ничего более. Для нормальной работы турбогенератора требуется пар с температурой около тысячи градусов,– сказал Изобретатель.

– Можно греть! Вода не испарится, если поднять давление!

– Молодец!– похвалил автора идеи Физик.– Критические параметры воды 374 градуса и 225 атмосфер. У тяжелой воды, наверное, около этого, свойства изотопов обычно близки. Так что вполне можно вести электролиз при высокой температуре.

– Есть сомнение,– сказал Изобретатель.– Растворимость газов в металле с увеличением температуры обычно падает, дейтерия в палладии окажется меньше.

– Тогда давайте остудим тяжелую воду. Можно еще ввести добавки, чтобы снизить температуру замерзания.

– Лучше вообще заморозить! Если тяжелый лед тоже расширяется, он станет давить на электрод!

– А как же мы отберем энергию у замороженной воды?

– Здесь противоречие: вода должна быть холодная, чтобы была высокая насыщаемость палладия, и должна быть горячая, чтобы отдавать много энергии,– сказал Изобретатель.

– Его можно разрешить, например, в пространстве: в зоне насыщения холодно, а в зоне отдачи энергии горячо. И во времени можно.

– Да,– подхватил любитель взрывов.– Сначала ленту палладия насыщают дейтерием при низкой температуре, потом происходит взрыв, лента сжимается, начинается реакция и выделяется много энергии. А потом все снова остывает.

– Или подают новую порцию холодного дейтерия. Новый цикл!

– Неплохо. А химическое поле?

– Может быть, насыщаемость повысит катализатор? Или добавки в палладий, влияющие на его структуру и поглощение?

– Возможно. Теперь электрическое поле.

– А у нас оно уже есть – электролиз.

– У нас есть постоянное электрическое поле. А мы с вами говорили, что действие можно усилить, если...

– Перейти к переменному или импульсному! Использовать связанные с полем физические эффекты! Может быть, электроперенос?

– Может быть,– согласился Физик.– Сначала вести обычное насыщение палладия электролизом на постоянном токе, а потом короткий импульс тока, усиливающий поглощение, в том числе и за счет электропереноса.

– А мы забыли про электрогидравлический удар Юткина, ведь он создает самые сильные импульсы давления!

– Точно! Это даже лучше взрыва!

– Получается красиво, – подытожил Изобретатель. – В центре камеры тонкая лента палладия – катод, а по бокам два анода. В камеру под давлением подается охлажденная тяжелая вода. Сначала идет обычный электролиз, палладий насыщается, потом электрогидравлический удар, при этом происходит механическое сжатие и, возможно, электроперенос, а может быть, и электрокатализ, такое явление известно в химии. Если реакция пойдет, вода нагреется и отдаст тепло.

– Пусть лента палладия тоже двигается! В холодной зоне насыщается дейтерием, а в горячей отдает тепло!

– А я предлагаю применить электроимпульсную установку типа той, которая лед с крыла самолета сбрасывает.

– Не исключено, что это будет лучше эффекта Юткина.

Магнитоимпульсный метод тоже подходит. Может быть, их можно использовать все вместе, они близки по устройству. А как еще можно применить магнитное поле?

– Тяжелая вода омагничивается?

– Трудно сказать. Нужно проверить, впрочем, как и все остальные идеи.

– Ой, смотрите, что здесь написано! – воскликнула Галя, листавшая отложенную Изобретателем «Популярную библиотеку». – Вот тут, в конце. Называется «История одного заблуждения».

– Действительно, интересно, – согласился Изобретатель, пробежав глазами страничку. – Оказывается, в 1926 году была опубликована статья Ф. Панета и К. Петерса «Преобразование водорода в гелий». Они писали, что на поверхности палладия происходит образование гелия при комнатной температуре. «Как мы теперь знаем, это была попытка с негодными средствами... Надо ли говорить, что воспроизвести этот опыт никому не удалось и воспоминание о нем сохранилось в «копилке курьезов»», – зачитал Изобретатель последние фразы.

– А может быть, действительно, все это чепуха?

– Почему? Мы рассуждали правильно!

– Трудно сказать, – остановил спор Изобретатель. – Подождем, пока ученые все проверят, тогда узнаем, были ли мы правы, показал ли ТРИЗ новые пути. Не исключено, что нынешняя сенсация обернется газетной «уткой».

– А если мы правильно придумали, об этом никто не узнает...

– Узнает! – засмеялся Изобретатель. – Я как раз заканчиваю писать книгу «Изобретатель пришел на урок» о наших с вами занятиях. И успею вставить в нее этот материал*.

– Здорово у нас получилось – сказал любитель взрывов. – А где можно выучиться на поисковика? В каком вузе готовят по этой специальности?

– К сожалению, сегодня таких учебных заведений пока нет. Но я думаю, что обязательно будут – ТРИЗ развивается быстро, может быть, лет через 5...

– Это долго! Мы же не сможем ждать 5 лет...

– И не нужно ждать. Как вы считаете, может ли археолог написать полноценное исследование о раскопках, если сам не раскопал ни одного кургана, а только изучал работу коллег?

– Наверное, нет.

– Да, скорее всего не сможет. Но ему достаточно раскопать хотя бы один, узнать все тонкости этого дела, а потом уже можно прочитать еще о 99 раскопках и обобщить. Точно так же и в нашем деле. Для того чтобы стать поисковиком, нужно хотя бы одну область знаний освоить глубоко, а уж потом знакомиться с другими. Так что спокойно поступайте в те институты, что вы уже выбрали, учитесь как можно лучше, участвуйте в исследовательской работе – это самая лучшая подготовка для будущего поисковика. Но обязательно постоянно расширяйте свой кругозор. Для этого лучше всего читать научно-популярные книги по разным областям науки. Ну и, конечно, новые книги по ТРИЗ.

– Вы как-то говорили, что ТРИЗ может помочь не только при обучении физике, химии, но и биологии, литературы, а ничего такого у нас не было.

– Да, мы многое еще не успели.

– Но ведь наша работа еще не закончена! В следующем году мы ее продолжим, не так ли?

– Конечно!

– Приходите!

– Договорились! До встречи в новом учебном году!

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работая над этой книгой, авторы ставили перед собой несколько целей:

1. Показать, что решать творческие задачи может научиться каждый и что нет на свете ничего интереснее творчества.

2. Показать, что используя творческий подход, элементы теории решения изобретательских задач, можно сделать чрезвычайно интересным и намного более эффективным изучение любого предмета, нужно только вместо зубрежки изобретать, делать открытия, находить новые решения самому.

3. Показать, что вопреки впечатлению, создаваемому школьным обучением, учебниками и многими учителями, вокруг нас куда больше неизвестного, неизученного, чем известного. Все наше знание может быть уподоблено корочке тонкого льда над бездной неизведанного, и открытия сегодня делаются не только в физике элементарных частиц, астрофизике или квантовой химии, как считают многие ребята, но и в кажущейся привычной, но все еще полной тайн механике, не говоря уже о загадках электромагнитных полей.

Насколько это удалось, судить не нам. Но если кто-то из вас, дорогие читатели, узнав о ТРИЗ, разыщет книги, в которых о ней рассказано подробнее, и прочтет их; если кто-то другой перестанет считать физику и химию трудными и скучными предметами и сможет разобраться в сложной теме с помощью веполей и маленьких человечков; если третьему эта книга поможет, в выборе профессии и жизненного пути; если хотя бы один учитель воспользуется нашими советами и сможет сделать свой урок интереснее; если какой-то инженер или изобретатель сумеет с помощью изложенных в книге методов решить свою задачу или даже найти готовое решение, – мы будем считать, что хотя бы частично со своей задачей справились.

Дорогие читатели! На многие задачи вы найдете ответы прямо в тексте книги. А те задачи, на которые ответов в тексте нет, попытайтесь решить самостоятельно. Как бы вам ни хотелось узнать ответ – не торопитесь, самому решить куда интереснее и приятнее. Если возникнут трудности, посмотрите подсказки, которые мы здесь вам даем, и попытайтесь решить задачу снова.

ПОДСКАЗКИ

3. Идеально, если нематоды выползут из своих коконов – и не найдут картошки. Обратно в кокон они попасть не могут, значит скоро погибнут. Противоречие: картошка должна быть, чтобы «выманить» паразитов, и ее не должно быть, чтобы они не могли «поселиться».

4. Только сам Ричард может подать сигнал, что он в темнице. А как он узнает, что нужно подавать сигнал? Вот если бы трубадур мог ездить и всюду кричать «Ричард!»! Но тогда враги быстро поймут цель путешествия, и кончится это печально. Призыв должен быть понятен Ричарду и непонятен остальным.

5. После переделки центр тяжести стал подвижным.

7. Противоречие: чтобы получить нужный вес, надо иметь возможность «отвешивать» болванку по частям и нельзя отвешивать ее по частям, потому что для производства труб нужна целая болванка.

8. Идеальный вахтер – вахтера нет, а его функции выполняются. Противоречие: никаких препятствий, ограничений на опоздание не должно быть, чтобы люди чувствовали себя свободно, и должны быть препятствия, ограничения, чтобы люди не опаздывали.

9. Попробуйте разделить противоречие свойства во времени.

10. Противоречие: если «зверь» большой, то можно измерить температуру обычным термометром, но это тогда не долгоносик. Как сделать «большого» долгоносика, не увеличивая его размеры?

11. Подумайте, не причастен ли к странному поведению молекул газа закон Архимеда?

12. Идеально – торпеда сама сходит с курса.

13. Противоречие: нужно греть, чтобы натянуть, и нельзя греть, чтобы не испортить. Попробуйте разделить противоречивые свойства в пространстве.

14. Кусочки бумаги и расческа должны быть заряжены зарядом разного знака, чтобы они притягивались, и должны быть одного знака, чтобы они отталкивались.

15. V_1 – загрязнение, электролит в поре листа, V_2 – вода. Нужно ввести поле, которое усилит их взаимодействие. Годится практически любое поле из МАТХЭМ. Нужно внимательно рассмотреть все.

16. V_1 – паровоз, P – энергия его движения. Чтобы построить веполь, который направил бы энергию движения паровоза в нужном нам направлении, не хватает инструмента – V_2 .

17. Игрушечный ослик «умеет» разрешать совсем не игрушечные противоречия: «что-то должно быть упругим – неупругим», «жестким-нежестким», «сплошным – несплошным». Подумайте, где это нужно?

18. Направление полета мяча зависит от взаимодействия с ногой футболиста. V_1 – мяч, V_2 – В данном случае бутса игрока. Нужно поле. Какое? Как его создать?

19. V_1 – кристалл с трещиной. Нужно ввести V_2 и какое-то поле, способное разорвать кристалл. Какое же V_2 может «забраться» в микроскопическую трещину?

20. Противоречие: нужно подать сигнал, чтобы спасти подпольщиков, и нельзя подавать сигнал, ибо в спину упирается дуло пистолета. Идеальный вариант – полицейские сами должны подать подпольщикам сигнал.

21. Противоречие: человек должен сидеть в зале, чтобы качество звучания было наилучшим, и он не должен там сидеть, чтобы слушать музыку, когда захочется.

34. Противоречие: образцов должно быть много, чтобы получить высокую точность при исследовании, и образцов должно быть мало, чтобы не тратить много времени. Идеально все исследования провести на одном образце.

35. V_1 – лед, V_2 – бетон, Π – вредное поле сцепления между ними. Для того чтобы его разрушить, можно попробовать ввести между бетоном и льдом какую-то модификацию льда. И возникнуть она должна под воздействием некоторого поля, которое можно найти с помощью МАТХЭМ.

36. Противоречие: нагрев должен быть, чтобы утюг гладил, и нагрева не должно быть, чтобы он не обжигал. Попробуйте разрешить это противоречие в пространстве.

37. Идеальный вариант: пар сам остается под водой, пока не сконденсируется. Противоречие: бак должен быть очень глубоким, чтобы пар долго оставался под водой, и он не должен быть очень глубоким, чтобы иметь небольшой размер.

40. Противоречие: банка должна быть надежно защищена на длительное время, чтобы в любых условиях хранить продукты, и она не должна быть защищена, чтобы не засорять землю. Идеальный вариант – открывание банки само нарушает ее защиту.

41. Если не удалось найти химическую реакцию, способную создать магнитное поле, вспомните о взаимосвязи полей в МАТХЭМ.

43. V_1 – корпус трансформатора, V_2 – влага, которую нужно примагнитить. Попробуйте достроить веполь.

44. V_1 – пыльца. Чтобы ее собрать, достройте веполь.

48. V_1 – расплавляемый металл, V_2 – стенки тигеля, Π – гравитационное поле. Попробуйте разрушить вредный веполь.

49. Эффект Бранли позволяет улучшить электрический контакт в тех случаях, когда поверхности не очень хорошо касаются друг друга, когда имеются тончайшие слои окислов, мешающие контакту.

52. Идеально: ракета сама занимает нужное (строго вертикальное) положение или взрывчатка сама поднимается вверх, к завалу.

53. Идеально, чтобы воздух сам себя герметизировал. Противоречие: это должен быть воздух, чтобы хорошо поднимать корабль, и это не должен быть воздух, чтобы не выходить из отверстий.

56. V_1 – камень, V_2 – вода с кавитационными пузырьками, Π – вредное поле взаимодействия. Как разрушить вредный веполь?

57. V_1 – деталь. Нужно построить измерительный веполь, используя в качестве V_2 что-нибудь общедоступное, имеющееся в ресурсе.

Дорогие друзья! Вы наверняка решили все задачи и теперь вам очень хочется узнать, правильно ли. Если вы внимательно читали книгу, то скорее всего – правильно. Чтобы вы могли проверить себя, при водим ответы на задачи. Но имейте в виду, что приведенные ответы – не единственно возможные. В творческих задачах может быть несколько решений, могут быть и решения, лучше приведенных.

3. За несколько дней до посадки картофеля поля поливают водой, смешанной с соком подгнившей картошки.

4. Блондель путешествовал по дорогам и распевал все время сочиненные вместе с Ричардом песни. Однажды песню подхватил знакомый мощный бас.

5. Мяч теперь летел по странным, непредсказуемым траекториям.

7. Болванку опускают в воду и измеряют количество вытесненной жидкости.

8. Через пять минут после начала работы двери в институте запирались, и пройти на рабочее место можно было только через кабинет директора. П. Л. Капица не ругался, только мимоходом смотрел на опаздывающего.

9. Р. Л. Бартини вместе с инженером С. М. Поповым предложили сперва при сварке давать очень сильный импульс, но такой короткий, что хромомолибденовая сталь не успевает перегреться, а потом небольшой постоянный ток, при котором нержавейка не портится.

10. А.Т. Качугин предложил набрать стакан долгоносиков и сунуть туда обычный термометр.

11. Молекулы газов «взвешены» в воздухе, как мелкие соринки, плавающие в воде, поэтому гравитационное поле им безразлично.

12. Навстречу торпедам бьет струя воды, созданная водоотливным насосом.

13. Г. С. Альтшуллер, применив собственную теорию, предложил греть не про волоку, а специальный стержень, прикрепляемый к ней. Поскольку этот стержень остается снаружи и может использоваться многократно, – его можно выполнить и из жаростойкой стали. А можно и из обычной, просто увеличив его длину, тогда нужное растяжение получится при меньшей температуре.

14. Кусочки бумаги подсакивают к расческе, заряд постепенно на них перетекает, они отсакивают, потом заряд с них стекает на опору – они снова подсакивают.

15. Механика – деформация листа, «выжимание» электролита, «заклепывание» пор; подъем и сброс давления, ультразвуковое мытье с помощью кавитации. Тепло – мытье перегретой под давлением водой, вбиваемой силой струи в поры и там вскипающей; оплавление поверхности. Химия – использование сильных растворителей, переводение солей в нерастворимое состояние. Электрическое поле – использование для очистки электропереноса частиц солей; использование для мытья эффекта Юткина; оплавление поверхности плазменной горелкой; использование для мытья электроактивированной воды. Магнитное поле – проверить возможность использования омагниченной воды.

16. К рельсу привязали стальной клин, поднимающий колесо настолько, что боковой выступ – реборда оказывается выше рельса, и паровоз сходит с пути. Скорость поезда и крутой откос довершают дело.

17. Антенны передвижных радиостанций, дымовые трубы мобильных электростанций; манипулятор для робота, недавно изобретенный в Кишиневском политехническом институте, включающий три тросика, пропущенных через отверстия в группедисков, похожих на двояковыпуклые линзы. Пока все тросики натянуты одинаково – прямой стержень. Один немного отпустили, другие подтянули – стержень изгибается в нужном направлении.

18. Поле вращения изменяет полет мяча. Чтобы хорошо «закрутить» мяч, игрок наклеил на бутсы губчатую резину из-за присасывания» к ней в момент удара мяч очень сильно закручивается.

19. Кристаллы помещают в камеру, поднимают давление до нескольких тысяч атмосфер и резко сбрасывают. Воздух, стремясь выйти из узкой щели, разрывает кристалл. Аналогично можно получать сахарную пудру из сахарного песка, очищать

отливки от приставшей к ним литейной земли, разбивать на дольки и чистить от кожуры чеснок, семечки.

20. Полицейский наткнулся на специально подставленное пустое ведро. Раздался грохот.

21. Странное зрелище: симфонический оркестр играет перед пустым залом, его слушает только сидящая на лучшем месте... человеческая головамуляж, выполненная с точным соблюдением пропорций человеческого тела. Микрофоны расположены у нее в ушах. А певцов лучше всего записывать, вставив миниатюрные микрофоны в уши самого певца.

34. Берется один длинный образец, размещают на нем термопары для измерения температуры, потом нагревают один конец стержня до максимальной температуры, охлаждая другой. Теперь по длине стержня можно найти зону с любой температурой.

35. Слой льда освещают мощными лампами, инфракрасное (тепловое) излучение проходит через прозрачный лед и нагревает поверхность полосы. Лед снизу подтаивает и легко сдувается.

36. Решение, аналогичное предыдущему, – подошва утюга стеклянная, за ней стоит мощная спираль – источник инфракрасного излучения.

37. Сверху в бак опускается открытый снизу колпак, вроде водолазного колокола, пар выпускается в него и контактирует с водой по большой поверхности.

40. Банку изготавливают из двух слоев, способных вступать друг с другом в электрохимическую реакцию в присутствии влаги. Между слоями – впитывающая влагу соль. Во вскрытой банке в разрез попадает влага, начинается активная коррозия и через несколько недель от банки нет и следов.

41. С помощью химии легко получить электрический ток, а где ток – там и магнитное поле.

43. Трансформатор снабжается небольшим выпрямителем, потребляющим мало энергии, но создающим постоянный ток, собирающий влагу к корпусу.

44. В ловушке для сбора пыльцы она прилипает к заряженному электроду. Кстати, недавно было обнаружено, что тот же эффект использует и пчела, которая заряжается во время полета от трения крыльев о воздух.

48. Капля металла держится во взвешенном состоянии силами электромагнитного поля.

49. Можно улучшить различные подвижные контакты, особенно предназначенные для передачи очень малых токов, создавая вблизи них электрические искры

(источники электромагнитного излучения) при помощи вспомогательных контактов. А может быть, этот эффект окажется полезным и в порошковой металлургии, улучшая слипание металлических порошков.

52. Для ракеты простой выход – что-то вроде «Ваньки-встаньки», всегда занимающего вертикальное положение. Без ракеты можно обойтись, если подвесить взрывчатку к воздушному шару, надутому гелием или водородом. Если будет водород, он только усилит взрыв. И еще проще – без всякого шарика и взрывчатки пустить в рудоспуск снизу водород и взорвать. Правда, это не во всякой шахте допустимо: если в шахте есть метан, то допускают применение только таких взрывчаток, у которых низкая температура взрыва, чтобы не взорвался сам метан.

53. Лучше всего внутрь корабля подавать пену из твердеющего материала. Так было поднято несколько кораблей. Забавная деталь – когда авторы попытались запатентовать этот способ, патентное ведомство им отказало, так как метод оказался известным. Именно им воспользовался герой мультипликационного фильма Уолта Диснея знаменитый утенок Дональд Дак, набив в кораблик, который он хотел поднять... шарики от пингпонга.

56. Валун покрыт тонким слоем мха, слизи. Вода «запутывается» среди мягких волосков, страшные кавитационные пузырьки до самого камня просто не добираются. Интересно – только жизнь, постоянно самовозобновляющаяся, может противодействовать разрушительной силе природы.

57. Изобретатель провел по поверхности пластмассы линию мягким простым карандашом, подключил к ней пару контактов. Пока деталь цела, по графитовой линии проходит ток, но достаточно появиться малейшей трещинке – цепь разорвется.

Ну вот вы дочитали книгу, посмотрели ответ на последнюю задачу. Не сердитесь на авторов за то, что ответы не отмечены в оглавлении: мы хотели, чтобы вы решали задачи, «не подглядывая» в ответы. Теперь очередь дел – постарайтесь хорошо применить полученные знания.

Желаем успехов!

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов

День Знаний

Разговор в учительской

ИГЗ: физика-изобретателям, изобретатели – физике

Помочь Архимеду

Разговор в учительской

ИГЗ: творцы нового

Кого слушаются маленькие человечки!

Разговор в учительской

ИГЗ: пробы без ошибок

Волшебное слово

Разговор в учительской

ИГЗ: механика обычная и необычная

Из жизни маленьких человечков

Разговор в учительской

ИГЗ: фигуры не имеет

Новая игра

Разговор в учительской

ИГЗ: все колеблется

Веполи – мастера на все руки

ИГЗ: холодно... теплее... горячо!

В гостях у изобретателя

ИГЗ: Горыныч в упряжке

Полезные диверсии

Разговор в учительской

ИГЗ: искусство «химичить»

Сокровища вокруг нас

ИГЗ: «янтарные» изобретения

Разговор в учительской

Диалог с ЭВМ

Разговор на ходу

ИГЗ: вечно удивляющий магнит

Ударим по инерции!

Разговор в учительской

ИГЗ; ключи к изобретениям

Обычное открытие

Разговор в учительской

ИГЗ: на пути к идеальности

Изобретательская химия

ИГЗ: там за горизонтом...

О науке, таланте и других вещах

Заключение

