

ТУМАННАЯ ЗАГАДКА
(или Дело на одну трубку)

Нет ничего более обманчивого, чем очевидный факт.
Артур Конан Дойл



На сцене театра занимательной науки появляются всем известные герои произведений Артура Конан Дойля: великий сыщик и его неизменный помощник. Образы столь узнаваемые, что многие их фразы превратились в *цитаты*. Нет смысла обыгрывать роли, поэтому Ведущие фокусируются на деле...

– Холмс, зачем вы взяли с собой зонт? Или это улика с места преступления?

– Ознакомьтесь, Ватсон, – протягивает тот газету, – ожидаются осадки и удивительно густой туман.

– Дождь в тумане – весьма любопытное зрелище, но Холмс, ваша газета давно пожелтела от времени. Непогода в прошлом, сегодня светит солнце – прекрасное время для отдыха и прогулок на свежем воздухе.

– Друг мой, я не могу позволить, чтобы самый совершенный мозг в мире ржавел без дела, поэтому для одного научного журнала взялся написать монографию о ста сорока сортах и особенностях туманов, – поясняет Холмс, – так что зонт нам сегодня очень даже пригодится.

– «Туманное дело» меня весьма интригует, я с вами при любой погоде, – заверяет Ватсон.

– Тогда не будем ждать милости от природы, воссоздадим необходимые нам условия и развеем (хотя бы частично) туман непонимания. Для следственного эксперимента нам вполне подойдёт трёхлитровая стеклянная банка. Наполним её туманом.

– Но как? – безрезультатно осматривает её доктор.

– *Элементарно, Ватсон! Не будь я, чёрт возьми, Шерлоком Холмсом!*

– Вы предлагаете отправиться за туманом в поместье Баскервилей, на торфяные болота?

– Конечно, нет, мы это сделаем здесь, и сейчас! – уверенно заявляет Холмс.

– Я в замешательстве, – признаётся Ватсон, – воспользуюсь лучше помощью зала.

– Как получить густой туман? – озадачивает он присутствующих, предлагая им различные варианты ответов:

- а) изменить давление;
- б) повысить влажность;
- в) задымить воздух;
- г) нагреть воздух;
- д) охладить воздух.

За каждый вариант зрители голосуют аплодисментами. Все гипотезы находят своих почитателей. Но амплитуда звуковых колебаний, как вы понимаете, на истину не влияет. Поэтому в ход идут аргументы.

Какой же ответ верен? Как в банке получить туман? По какому рецепту и каковы его ингредиенты?..

Оказывается, ответ не однозначен. Жизнь намного многообразнее тестов... Великий сыщик берётся за научное руководство и предлагает не быть голословными, а прежде опробовать все варианты и получить факты.

Из зрителей приглашаются два помощника, которых Ватсон экипирует защитными очками и перчатками (исключительно для красоты), вручает им банку (предварительно плотно закрыв её пластиковой крышкой) и ручной автомобильный насос, длинный шланг от которого подсоединяется к банке (через ниппель и клапан).

– *Запоминайте мои инструкции буквально!* – наставляет Холмс, – юноша по команде приступит к накачиванию воздуха, а девушка, после образования тумана – закроет банку ладонью, театрально улыбнётся и произнесёт фразу «люберецкий (в соответствии с названием населенного пункта) туман получен!».



Начинается проверка варианта с изменением давления.

«Пуф-пуф-пуф...», – приходит в движение поршень насоса. За каждый цикл внутрь сосуда заталкивается небольшая порция воздуха. Давление газа внутри банки повышается, об этом свидетельствует постепенно выгибающаяся крышка (и мимические мышцы лица девушки, наблюдающей за ней). Своего критического значения давление достигает неожиданно. Сжатый воздух с громким «Ба-бахом» срывает крышку с банки. (Спасибо заботливому доктору, придержавшему конец шланга). Свидетели замечают, что за стеклом образовался туман. Местный – не густой, но отчётливо видимый. Девушка, ошарашенная происшедшим, забывает свою роль. Туман незаметно исчезает (даже если горлышко банки заботливо прикрыто ладонью), но остаются вопросы: «откуда взялся?» и «куда исчез?».

– Холмс, неужели, «эврика»?

– Друзья, я никогда не гадаю. Очень дурная привычка: действует губительно на способность логически мыслить. Сначала факты, потом умозаключения. Продолжим исследование и получим лондонский туман. Кстати, чем он отличается от полученного ранее, замороженного?..

В совместных обсуждениях выясняется, что для получения густого (лондонского) тумана надо перейти к пунктам б) и в) теста. Наличие влажности вроде бы очевидно, но причём тут задымлённость? Туман не дым!

Писатель Чарльз Диккенс называл непроницаемые туманы английской столицы «частью личности Лондона». Они были отличительной особенностью города на протяжении веков, ведь в те времена для отопления домов активно использовалось угольное отопление, и в атмосферу выбрасывалось большое количество частичек несгоревшего топлива. В безветренные дни туманы становились особенно густыми.

Шерлок Холмс акцентирует внимание на особой роли центров конденсации в воздухе. Именно на них – частичках пыли, дыма, ионах, а не там, «где пожелают», образуются капельки тумана.

Доктор Ватсон идёт в зал и обращается к зрителям первого ряда с просьбой сделать в банку несколько выдохов влажного воздуха. Затем Холмс бросает в неё горящую спичку и закрывает банку крышкой. Эксперимент повторяется. После «Ба-баха» раздаются аплодисменты – туман становится более густым.

– Лондонский туман получен! – справляется со своей ролью девушка.

– Я в детстве думал, что туман великаны надышали, – пряча в усы улыбку, сообщает Ватсон, – но они, оказывается, ещё и трубки курили... (Тонкий английский юмор для посвящённых).

– Если же говорить серьёзно, мы выяснили, что все опробованные нами варианты вызвали туман. Но как при этом менялась температура – не ясно, – возвращается он к делу.

– Сейчас мы это выясним, – помещает Холмс внутрь банки термодатчик – миниатюрный температурный датчик, реагирующий на состояние её содержимого.

– Показания в численном виде будут выводиться на экран. Задача зрителей – заметить температуру, при которой образуется туман.

Сыщик делает в банку выдох и закрывает её крышкой: – Начали!

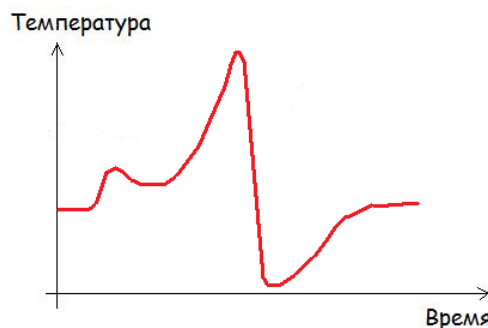
«Пуф-пуф-пуф...» Экранные числа неспешно ползут вверх.

– *Гениально и непостижимо!* – оценивает Ватсон.

– Какой изопроцесс вы наблюдаете? – успеваешь проверить зрительскую сообразительность Шерлок. (Масса газа изменяется, это не изопроцесс).

В третий раз «Ба-бахает».

Холмс отправляет помощников на свои места и переводит данные в графический вид. На экране появляется температурная загогулина. Сыщик вооружается лазерной указкой и отправляет световой зайчик в путешествие. Вместе со зрителями они анализируют характерные участки графика.



«Первый бугорок» – порция тёплого дуновения в процессе теплообмена повышает температуру более холодного содержимого банки.

«Восхождение на пик» – нагревание за счёт совершения работы над газом (при повышении его давления).

«Резкий спад» – охлаждение за счёт совершения работы самим газом (при срывании крышки и его адиабатном расширении). На этом этапе и возникает туман. В момент, когда температура достигает определённого значения – «точки росы».

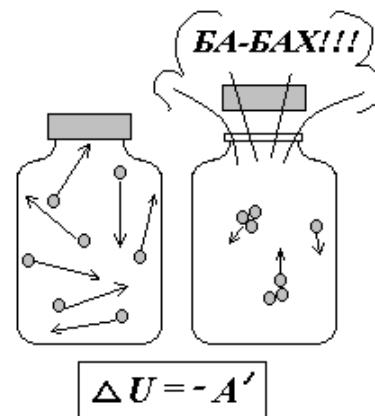
«Приподнятый хвостик» – теплообмен с окружающей средой и выход на первоначальную температуру. Туман исчезает.

Шерлок Холмс просит поднять руки тех, кто хоть раз в жизни видел водяной пар. Первым на эту провокацию поддаётся доктор Ватсон, а за ним большая часть присутствующих.

– Что есть водяной пар? – начинает ЛИКБЕЗ Холмс, – это отдельные, хаотично движущиеся молекулы воды. Чем больше влажность воздуха, тем больше их концентрация. Эти мелкие частицы настолько малы, что их невозможно увидеть даже в оптический микроскоп.

– Позвольте, но я своими глазами сегодня утром видел пар у носика чайника, – не соглашается доктор.

– *Дорогой Ватсон! Вы в совершенстве познали мой дедуктивный метод. Но, увы... Ваши выводы в большинстве ошибочны.* Посмотрите на рисунок... В закрытой банке мечутся молекулы невидимого водяного пара. Они постоянно сталкиваются и разлетаются подобно бильярдным шарам. Пар – прозрачен и невидим. Но вот сжатый воздух (в состав которого входит пар) совершает работу (A'). Для освобождения из заточения и «Ба-баха» он тратит часть своей внутренней энергии (ΔU), при этом скорости частиц уменьшаются, а температура падает. Теперь при столкновениях вялодвижущиеся молекулы пара «слипаются» и образуются мельчайшие капли воды –



туман.

– Значит и пар из носика чайника становится видимым только тогда, когда он охлаждается и конденсируется в туман, а это происходит только на некотором расстоянии от него, – озарило кого-то из зрителей.

– А вот это – правильный вывод, коллега, – одобрительно замечает Холмс, – осталось только догадаться, куда потом исчезают туманные капли.

– Подведём итог, – раскрывает детектив зонтик с тремя вопросительными знаками на его куполе, – и назовём условия, необходимые для образования тумана в природе.

– Определённая влажность! Наличие центров конденсации! Охлаждение пара до точки росы! – превращают зрители вопросительные знаки в восклицательные, – а изменение давления в банке – всего лишь один из способов понижения температуры.

– Ватсон, а что вы всё напеваете себе под нос?

– Да так, одно детское недоразумение:

Облака – белогривые лошадки.

Облака, что вы мчитесь без оглядки?

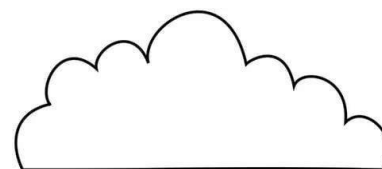
Не смотрите вы, пожалуйста, свысока,

А по небу прокатите нас, облака...

Мальчишкой, глядя в небо, я частенько задумывался «Почему нижний край облака ровный, а верхний – кучерявый?», потом к этому просто привык, а сейчас вопрос опять неожиданно всплыл.

– Давайте применим дедукцию (или индукцию?), – предлагает всем сыщик, обращая внимание на плоский макет кучевого облака у себя над головой.

Ватсон запускает в сторону облака бумажный самолётик: – Может быть, это летательные аппараты и птицы подрезают его нижнюю часть своими крыльями...



– Даю подсказку, – надувает Холмс синий воздушный шарик, превращая его в модель воздуха, для которого выполнены лишь два условия туманообразования.

– Чего ему не хватает для превращения в облачко? – звучит риторический вопрос.

– Вы правы, коллеги! Для конденсации необходима определённая температура, при которой ненасыщенный водяной пар превращается в насыщенный (и относительная влажность повышается до 100%).

Шерлок опускает шарик к полу и, изображая конвекцию, начинает медленно его поднимать к модели облака.

– Известно, что с высотой давление воздуха уменьшается, поэтому наш «шарик» будет неспешно увеличиваться в объёме. вспомните, как менялась температура воздуха при «Ба-бах», при его освобождении из банки и расширении... Она резко понижалась. Эти процессы аналогичны по сути, но не по скорости протекания. Пусть наш тёплый воздух («шарик») при подъёме на каждые 100м будет охлаждаться примерно на 1°C, его начальная температура у поверхности земли (пола) 25°C, а облако находится на высоте 1000м.

Шерлок с шагом в 100м сообщает высоту подъёма, а зрители громко считают температуру. При подходе к нижней части облака Холмс восклицает «Есть точка росы!» и тянет за секретную нить, запуская химическую реакцию (30мл H_2O_2 30% концентрации с 5г $KMnO_4$ в бутылке, укреплённой с обратной стороны облака). Из-за макета вверх бьёт столб тумана.

«Нижняя часть облака – изотермическая плоскость с температурой точки росы», приходит ко всем осознание. А вот почему верхний край облака кучерявый, предстоит ещё самостоятельно додумать.

Шерлок Холмс и доктор Ватсон благодарят всех присутствующих за помощь в расследовании «туманного дела» и не прощаются...