

ИЗ ОПЫТА ПРЕПОДАВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Д.т.н., профессор В.Р. Женило (Академия управления МВД России)

Обратиться к теме, посвященной одному из самых модных и противоречивых в настоящее время понятию – информации, заставило очень много причин. Перечисление всех их заняло бы очень много времени и места в столь коротком докладе. Одну причину, связанную с преподавательской деятельностью, можно обозначить следующим образом. Дело в том, что на протяжении последнего десятка лет на разного рода экзаменах (вступительных, семестровых, кандидатских и т.п.) постоянно возникает одна и та же картина. Вне зависимости от типа высшего базового образования (гуманитарного или естественного) большинство слушателей, студентов или адъюнктов на вопрос – что такое информация, зачастую дают примерно одинаковые ответы, в которых сами же начинают сомневаться и улавливать алогизмы после некоторых уточняющих вопросов экзаменатора. Например, на вопрос – что такое информация и в чем она измеряется, могут ответить:

- в буквах, в страницах, в печатных листах, если это письменный текст;
- в секундах или часах, если это устная речь;
- в байтах или в битах, если сообщение передается в виде файла;
- и даже в рублях или в других видах валюты, если это «очень ценная информация».

Почему сложилось такое положение дел понять не сложно, если учесть два решающих обстоятельства. Во-первых, как это ни странно, но найти общий и приемлемый для всех учебник по теории информации практически невозможно. Есть хорошие единичные учебники с таким названием, но они, как правило, посвящены проблемам естественных наук или проблемам передачи информации с помощью разного рода сигналов. Использовать такие учебники в гуманитарных учебных заведениях никто не собирается, даже несмотря на то, что в некоторых дисциплинах, например, в курсах криминалистики понятие информации и ее измерение является ключевым.

Вторая причина лежит вообще вне сферы науки или учебного процесса, и корни ее уходят, по-видимому, в сферу, близкую к, так называемым, «средствам массовой информации». Именно они каждый день и каждый час прививают всем нам неправильное понимание смысла – что такое информация. Так, например, каждый день в выпусках новостей, передаваемых по телевидению или радио можно услышать фразы типа: «Передаем информацию» или «Послушайте информацию». Особенно часто, по сравнению с другими, этим злоупотребляет радиостанция «Свобода». Если на других радиостанциях могут сказать: «По поступившим сообщениям» или «По имеющимся сведениям или данным», что достаточно корректно, поскольку их истинность далеко не всегда оказывается известной, в силу высокой оперативности новостных технологий, то другие, предпочитают обороты: «Информация о заложенной бомбе не подтвердилась», «За достоверную информацию гарантируется вознаграждение», «С места происшествия поступает противоречивая информация» и т.п. Даже в московском метро несколько лет назад можно было услышать фразу (из «средств местного массового оповещения пассажиров»): «Уважаемые москвичи и гости столицы, послушайте, пожалуйста, информацию о правилах поведения в метрополитене». Но, справедливости ради, надо отметить, что в таком виде это сообщение просуществовало не очень долго. В конце концов, его изменили, выбросив слово «информацию».

При таком постоянном давлении «средств массовой информации» очень не просто доходчиво объяснить слушателям, что же такое информация. Все уже настолько привыкли к этому словосочетанию, что для него даже устоялась своя аббревиатура – СМИ. И все, что эти СМИ не воспроизводят, получается, как бы, – все истина. И чем дольше мы их слушаем, тем больше мы получаем информации. Хотя, если вдуматься, то чем отличаются средства массовой информации от средств массовой дезинформации? Отличаются ли эти средства хоть чем-то?

Мы не будем здесь пытаться решить задачу, как же эти средства должны называться – средствами массовой коммуникации, оповещения, пропаганды, обучения, информирования или развлечения. Это не является целью данной статьи. Но, все же, следует отметить, что невдумчивое или поверхностное отношение к важнейшему ключевому понятию современной науки (да и жизни вообще) – информации, глубоко въелось в наше обыденное сознание. Глубину этого явления можно оценить еще и по тому, что мы настолько привыкли к некоторым словосочетаниям, подобным СМИ, что они давно уже встречаются не только в быту, но и в научных публикациях. Например, можно встретить словосочетание – «обработка информации», а не обработка сообщений, данных или записей для получения информации. А в специальностях ВАК находим – «защиту информации», вместо защиты сообщений, носителей, каналов, данных и т.п.

Если почитать разные словари, справочники или учебники, то можно найти не менее десятка принципиально разных определений понятия «информация». Приведем лишь пять из них, которые наиболее характерно выделяются среди других, и, по сути, впитывают в себя смысл остальных.

Начнем с классического «Словаря русского языка» Сергея Ивановича Ожегова. Как и все словари подобного рода, в нем практически для каждого русского слова дается его толкование или определение. И естественно, в таком словаре мы очень быстро находим замкнутую цепочку, по которой можно кружить бесконечно долго, поскольку в таких словарях нет первичных понятий, не определяемых ни через какие иные простейшие понятия. Поэтому, начав с «информации», мы можем перейти к «сведениям». От «сведений» – к «знаниям». И потом от «знаний» снова вернуться к «сведениям». Вот соответствующая выписка.

- Информация:
 - 1. Сведения об окружающем мире и протекающих в нем процессах, воспринимаемые человеком или специальными устройствами.
 - 2. Сообщения, осведомляющие о положении дел, о состоянии чего-нибудь.
- Сведение:
 - 1. Знание, представление о чем-нибудь.
 - 2. Познания в какой-нибудь области.
 - 3. Известие, сообщение.
- Знание:
 - 1. Постигание действительности сознанием; наука.
 - 2. Совокупность сведений, познаний в какой-нибудь области.

Это типичная ситуация «зацикливания» для подобного рода справочников, в которых отсутствует ряд изначальных (первичных) понятий, которые не определяются ни через какие иные. Для живого русского языка – это нормальное явление. Но в науке, требующей строгости и, в первую очередь, однозначности, так не принято. Хотя, такое иногда встречается. Забегая вперед, сразу отметим, что, не смотря на то, что основные элементы теории информации были заложены Клодом Шенноном в 40-е годы 20-го века, до сих пор дать четкое определение тому, что такое «информация» никто не может. И это нормальное явление в науке. Аналогичное явление происходило ранее с основными понятиями теории вероятностей. По этому поводу Б.В. Гнеденко в своем учебнике «Курс теории вероятностей» пишет: «Формирование научных понятий проходит длинный и сложный путь, прежде чем войти в во всеобщее употребление. Как правило, необходимое понятие еще не введено в научный обиход, а фактически им уже пользуются как при решении практических задач, так и при выводе общетеоретических закономерностей» (с. 420).

Упомянув Шеннона, сразу же приведем его определение понятия «информации», которое считается лучшим в кругу ученых, занимающихся естественными науками: «Информация – это то, что снижает неопределенность».

В словаре «Информатика: Энциклопедический словарь для начинающих» (Сост. Д.А.Поспелов. – М.: Педагогика-Пресс, 1994, с. 41) находим такое определение: «Информация – это содержание сообщения, сигнала, памяти, а также сведения, содержащиеся в сообщении, сигнале или памяти». Вторая часть этого определения повторяет соответствующий раздел словаря С.И.Ожегова. А первая часть, говорящая о том, что «информация – это содержание сообщения ...», это весьма существенная «добавка», поскольку, например, если в файле содержатся некоторые сведения, то понять их невозможно, не зная, что обозначают байты этого файла. Поэтому, чтобы содержимое файла было понятно операционной системе, сейчас к имени файла обязательно добавляется его тип. А можно этот тип прятать в тело самого файла.

Приведем одно из лучших философских определений понятия «информация», данное Дж. Баттесоном. Это определение, также как и определение, данное Шенноном, можно найти в интернете в Web-Encyclopedia. «Информация – это то, что изменяет нас». Это определение сначала кажется правильным. Но в нем, как и в большинстве философских трактовок фундаментальных понятий, скрываются принципиальные противоречия. А именно, так же как в одну и ту же философскую реку нельзя войти дважды, так оказывается, что и письмо информации не содержит до тех пор, пока оно не вскрыто и не прочитано нами. А раз оно информации не содержит, то и вскрывать его нечего. Да и кирпич, например, упавший на ногу, по такому определению тоже, оказывается, приносит информацию, поскольку он изменил нас. И чем больше он будет падать на ногу, «изменяя нас», тем больше он будет приносить информации.

Из всего множества определений понятия информации мне известен лишь один случай, когда авторы не стали лукаво мудрствовать, а честно признались в том, что они не могут четко сказать - что такое информация. В своем словаре они написали так: «Информация (от лат. informatio – разъяснение, изложение) – основное понятие кибернетики». И точка.

Поначалу может показаться странным, что такое определение дает самая щепетильная в вопросах точности своих утверждений научная отрасль. Ведь это определение приведено в словаре «Математический энциклопедический словарь» (Москва, Советская энциклопедия, 1988, с. 245.). Но если призадуматься, то ничего странного в этом нет. И это очень хорошо объясняется далее в той же рубрике словаря. Далее в ней идут лишь разъяснения, но не определения. Однако и в этих разъяснениях говорится о том, что современное представление понятия «информации» пока еще интуитивно, и в науке оно еще окончательно не сформировано. В этой же статье приводятся очень интересные аналогии из других научных областей, где также существуют ключевые понятия, которые нельзя определить через иные – более простые понятия. Например, дать определение - что такое время, масса, энергия, импульс, площадь или объем никто не может. Но, тем не менее, человечество успешно пользуется этими понятиями и, более того, умеет измерять их значения количественно. И это притом, что в природе таких эталонов и единиц измерения как секунда, грамм, метр, квадратный метр не существует. Все эти единицы измерения придумал человек¹ для удобства хранения или передачи сведений о тех или иных

¹ Здесь уместно напомнить слушателям о том, откуда произошли единицы измерения: секунда, дюйм, вершок, метр, грамм и др.

объектах или явлениях, которые он использует в своей жизни. То же самое касается и любого языка у всех живых существ в природе.

Надо отдать должное авторам упомянутого математического энциклопедического словаря, которые не остановились только лишь на корректном и честном признании невозможности дать определение понятия «информации». А, памятуя о будущем развитии науки (о молодом подрастающем поколении), авторы, все же, разъясняют современные основные тенденции в становлении понятия «информации». И в конце этого же словаря в разделе «Словарь школьной информатики» они приводят следующее определение, в значительной мере повторяющее приведенные выше определения. Вот оно:

«Информация (от лат. informatio – разъяснение, изложение) – содержание сообщения или сигнала, сведения, рассматриваемые в процессе их передачи или восприятия; одна из исходных общенаучных категорий, отражающая структуру материи и способы ее познания, несводимая к другим, более простым понятиям»¹.

Первая часть этого определения по сути своей совпадает с определениями С.И.Ожегова и Д.А.Поспелова. А вот вторая половина – подчеркивает важнейшую мысль о том, что понятия «информация» и «структура» очень близки друг к другу.

Объединяет эти два понятия очень многое, в частности, такое немаловажное свойство, что и «структура» и «информация» относятся к категории идеального. Тут очень полезно привести примеры о том, что свойства того или иного вещества существенно зависят не только от того, из каких атомарных материальных объектов оно состоит, но и от того, как структурированы эти атомы в его молекулах.

Например, если, образно говоря, взять ящик угля, баллон с кислородом и баллон с водородом, то, по-разному структурируя атомы углерода, кислорода и водорода в молекулы, мы можем получить большинство всех известных органических веществ. И поэтому вопрос о том, что первичнее или вторичнее (важнее или второстепеннее) – материальное (атомы) или идеальное (структура) становится просто некорректным. Поскольку не бывает структуры без материи и не бывает материи без структуры.

Другим важным свойством «структуры» и «информации» является то, что они не могут быть истинными или ложными. Если хотите, то структура всегда истинна. Она ложной быть не может. Структура – вот она. Какая она есть, такая она и есть. А вот то, что кто-то начинает утверждать, что данная структура совпадает или нет с другой структурой – это уже совсем другой вопрос. То же самое и с «информацией». Видимо, не зря человечество для понятия, противоположному «информация», употребляет термин – «дезинформация» (которая всегда ложна). Не может быть дезинформация истинной, а информация ложной. Поэтому если кто-то говорит: «Послушайте информацию (а не сообщение)», то на подсознательном уровне это может восприниматься так: «Послушайте истину». Ведь никто никогда не скажет: «Послушайте дезинформацию».

Для пояснения сказанного полезно рассмотреть такие два примера. Первый пример: имеется фотография одного человека, на которой он выглядит толстым, хотя, на самом деле (по жизни), он худой. Вопрос: информация о чем содержится на этой фотографии? Ответ: информация об этом человеке и о том, что его пропорции изменены во столько-то раз. Кто и зачем изменил эти пропорции – это вопрос другой. Но в данной фотографии у нас есть информация именно о сказанном – о внешнем виде человека и об изменении пропорции изображения.

Второй пример: речевую фонограмму с одной магнитной ленты переписали на другую, используя бытовой аналоговый магнитофон, со слегка измененной скоростью движения магнитной ленты. Вопрос: информация о чем содержится на копии магнитной фонограммы речи. Ответ: о произнесенных звуках речи, о тексте, об индивидуальных особенностях говорящего, частотные характеристики речевого сигнала которого смещены во столько-то раз.

Закончив рассмотрение общих вопросов определения понятия «информации», можно переходить к следующим более сложным для начинающего слушателя вопросам – как информацию можно измерять количественно и что такое потенциальная, а что такое полезная информация.

Для оценки количества информации Клод Шеннон один из первых применил введенное почти за столет до него понятие энтропии². Но прежде, чем переходить к изложению методов оценки информативности разных сообщений, следует подчеркнуть, что теория информации базируется на основных постулатах теории вероятностей, а теория вероятностей – на теории множеств. Поэтому преподавать элементы теории информации без предварительного изучения теории вероятностей и теории множеств нельзя.

¹ Математический энциклопедический словарь. Москва, Советская энциклопедия, 1988, с. 821.

² «Энтропия – (от греческого *εἴρηναι* – поворот, превращение) в теории информации – мера неопределенности какого-либо опыта, который в зависимости от случая, может заканчиваться различными исходами». Математический энциклопедический словарь. Москва, «Советская энциклопедия», 1988, с. 654.

«Энтропия – (...) понятие впервые введенное в термодинамике для определения меры необратимого рассеяния энергии. Энтропия широко применяется и в других областях науки: в статистической физике, как мера вероятности осуществления какого-либо макроскопического состояния; в теории информации как мера неопределенности какого-либо опыта (испытания), который может иметь разные исходы. Эти трактовки энтропии имеют глубокую внутреннюю связь. Например, на основе представлений об энтропии можно вывести все важнейшие положения статистической физики. ... В термодинамике понятие энтропии было введено немецким физиком Р. Клаузиусом в 1865 г.». Физический энциклопедический словарь. Москва, «Советская энциклопедия», 1984, с. 903-904.

Рассматривая элементы теории множеств, мы опять сталкиваемся с проблемой принципиальной неопределяемости основных понятий. Теория множеств - «учение об общих свойствах множеств, преимущественно бесконечных. Понятие множества, или совокупности, принадлежит к числу простейших математических понятий; оно не определяется, но может быть пояснено при помощи примеров. Так, можно говорить о множестве всех книг, составляющих данную библиотеку, множестве всех точек данной линии. Книги данной библиотеки, точки данной линии являются элементами соответствующего множества. Чтобы определить множество, достаточно указать характеристические свойства элементов, т.е. такое свойство, которым обладают все элементы этого множества и только они. Может случиться, что данным свойством не обладает вообще ни один предмет; тогда говорят, что это свойство определяет пустое множество. То, что данный предмет x есть элемент множества M , записывается так: $x \in M$ (читают: x принадлежит множеству M)»¹.

Не останавливаясь на плане курса элементов теории множества (предполагается, что слушатели с высшим образованием уже его прошли), в курсе элементов теории информации полезно подчеркнуть следующее. «Чтобы определить множество, достаточно указать характеристические свойства элементов, т.е. такое свойство, которым обладают все элементы этого множества и только они»². Из этого следует, что элементы множества и сами множества относятся к категории идеального. Для иллюстрации можно напомнить слушателям, что для описания материальных объектов человечество придумало алгебру, в которой $A+A=2A$ и $A \cdot A=A^2$. А для описания идеальных свойств объектов придумало алгебру логики (или булеву алгебру) и алгебру множеств, в которых $A+A=A$ и $A \cdot A=A$.

По этому поводу можно вспомнить высказывание Бернарда Шоу: "Если я с кем-то поделюсь яблоком, то мне достанется половина и кому-то - половина. А если я поделюсь идеей, то и у меня будет идея, и еще у кого-то".

В развитие этой темы уместно упомянуть еще об одной алгебре – алгебре комплексных чисел. Эту третью алгебру комплексных чисел придумали для описания реальных природных явлений. Но в быту эта алгебра никому не нужна. Видимо, отсюда и все сложности ее преподавания в общеобразовательных школах. Не каждый педагог может растолковать смысл этой алгебры.

Объяснять слушателям, что такое комплексные числа, видимо, не стоит. Но попытаться пояснить, почему человечество придумало, так называемые, мнимые числа, расширяющие реальные числа до комплексных – полезно. Здесь следует признать, что название «мнимое число» - не вполне удачно. Возможно, их правильнее было бы называть «скрытыми числами». Тогда получается, что комплексное число - это реальное число, которое мы привыкли «видеть или трогать» плюс тоже реальное число, но скрытое (но никак не мнимое). Это такие числа, с помощью которых хорошо описываются многие природные явления, но которые наши органы чувств плохо воспринимают. Например, если к некоторой точке тела приложить одну силу и прибавить к ней такую же, но направленную в противоположную сторону, то получится нулевая сила. Эти силы описываются с помощью обычных реальных чисел и для них применима обычная алгебра (и векторная алгебра). Это мы можем увидеть или ощутить. А вот почему две встречные волны на поверхности воды (или две звуковые волны) взаимно не уничтожаются при встрече друг с другом, а проходят друг через друга, не меняя своей формы, - это скрытые от наших глаз законы природы. Но все колебательные процессы разной природы точно описываются именно с помощью комплексных чисел. Эти числа такие же реальные как реальные описываемые процессы. Поэтому название «мнимое» число - это такой же алогизм, как название «средства массовой информации».

Но вернемся к вопросу определения количества информации в том или ином сообщении. Если информация – это то, что снижает неопределенность, то меру снижения неопределенности оценивают с помощью энтропии. Применительно к оценке количества информации энтропия определяется следующим образом.

Пусть у нас есть N версий решения некоторого интересующего нас вопроса. Обозначим эти версии так: $B_1, B_2, \dots, B_N$. Сначала мы не знаем, какая из версий верна. Каждая из этих версий вероятна в той или иной мере, и, следуя аксиоматике Колмогорова в теории вероятностей³, мы можем каждой версии поставить в соответствие число, называемое вероятностью версии. Обозначим эти числа так: $P(B_1), P(B_2), \dots, P(B_N)$. В этом случае энтропия такого исходного состояния определяется по формуле:

$$H = -\sum_{i=1}^N P(B_i) \cdot \log_2 P(B_i). \quad (1)$$

Теперь предположим, что мы получили некоторое сообщение⁴, которое является истинным и которое изменит вероятности справедливости всех версий. В этом случае мы говорим, что мы получили некоторое количество информации. Это количество информации равно разности меры неопределенности всех возможных версий (энтропии) до сообщения и после него.

¹ Математический энциклопедический словарь. М.: «Советская энциклопедия», 1988, с. 380.

² Там же.

³ Вот почему курс теории вероятностей должен читаться до теории информации.

⁴ Везде далее мы будем полагать, что сообщение всегда материально. Поэтому одно сообщение плюс второе (даже такое же) сообщение будет равно двум сообщениям. А вот информация или сведение всегда идеальны. И поэтому одна информация (или сведение) плюс вторая такая же информация (или сведение) дадут ту же самую одну информацию (или сведение).

Начинать объяснять слушателям суть формулы (1) лучше всего на простейших примерах. Для этого предлагается рассмотреть первоначальную ситуацию, когда исходная неопределенность всех версий имеет наивысшее значение. Для этого можно с помощью программы Microsoft-Excel нарисовать график возможных значений энтропии для двух или трех версий. На этом графике будет видно, что неопределенность будет иметь высшее значение в случае равной вероятности всех имеющихся версий. Сделав этот вывод, можно упростить

формулу (1), подставив в нее равновероятные значения всех версий: $P(B_i) = \frac{1}{N}$. В этом случае формула (1) примет вид:

$$H = \log_2 N. \quad (2)$$

Далее полезно предложить слушателям простейшую игру в угадывание чисел. Суть игры заключается в следующем. Один игрок загадывает любое число от 1 до 128. А второй – задает любые вопросы, на которые может последовать либо ответ «да» либо «нет». Довольно-таки часто на вопрос: «За сколько ходов (вопросов) закончится эта игра», – слушатели отвечают: «За 128 вопросов». А если намекнуть – зачем же задавать последний 128-ой вопрос, то меняют свое мнение и говорят: «За 127 вопросов». Но если им дать подумать, то почти всегда они находят правильное решение: «За 7 ходов».

Вот тут-то и полезно обратить их внимание на ценность формулы (2). Ведь начальная неопределенность в игре равнялась $H = \log_2 128 = \log_2 2^7 = 7$.

А каждый вопрос, если его задавать таким образом, чтобы ответы «да» и «нет» были равновероятными, снижает неопределенность как раз на одну единицу. При этом полезно пояснить, что до ответа на заданный вопрос у нас есть только две версии ответа: «да» и «нет». Если эти версии равновероятны (а это в значительной мере зависит от самого вопроса), то по той же формуле (2) начальная неопределенность ответов «да» и «нет» равняется $H = \log_2 2 = 1$. После ответа на вопрос эта неопределенность полностью снимется (вероятность одной версии станет равной нулю, а другой – единице). Поэтому получается, что каждый вопрос может снять неопределенность на 1 единицу. Поэтому при правильной последовательности вопросов задуманное число угадывается за 7 ходов.

После привыкания к этой мысли и поиска разных вариантов вопросов¹ с равновероятными ответами, можно показать, что теория информации позволяет решить и следующую сначала неочевидную задачу. Вместо игры в угадывание чисел теперь предлагается сыграть в другую игру – в угадывание любого слова русского языка. Что говорит в этом случае теория информации – за сколько ходов теоретически угадывается слово? Многие, кто в институтские годы не играл в эту игру, интуитивно кажется, что она может затянуться на многие часы. И с удивлением узнают, что теоретически она заканчивается не более чем за 17 ходов. Для решения этой задачи нужно прикинуть – сколько всего в начале может быть версий задуманного слова. Если в качестве оценки числа слов взять все слова, содержащиеся в орфографическом словаре, а их в нем примерно 120 тысяч, то, заменив его большим числом – $128 \cdot 1024$, мы получим начальную неопределенность – $\log_2 120000 \approx \log_2 (128 \cdot 1024) = \log_2 (2^7 \cdot 2^{10}) = 17$. И если вопросы задавать таким образом, чтобы ответы «да» и «нет» были равновероятными (что со словами – очень не просто), то и получается, что теоретически слово угадывается за 17 вопросов. На практике же вопросов может понадобиться больше из-за того, что далеко не всегда удастся придумать такой очередной вопрос, чтобы ответы на него были равновероятными. Но иногда игра заканчивается и менее чем за 17 ходов, поскольку словарный запас задумывающего слово всегда менее полного орфографического словаря русского языка.

Следующая задача уже приближает слушателей к вопросу оценки количества информации, которую дают криминалисту те или иные измерительные приборы. Здесь тоже лучше начинать с игровой задачи.

Предположим, что у нас есть равноплечные весы, которые имеют три положения: коромысло весов повернулось влево, вправо и осталось в равновесном положении. И у нас есть 9 монет, про которые нам известно, что одна из монет фальшивая. Причем, фальшивая монета тяжелее настоящей. На вопрос: «За сколько взвешиваний находится фальшивая монета?», – следует ответ: «За два взвешивания». При этом надо отметить, что исходная энтропия равна $H = \log_2 9 = \log_2 3^2 = 2 \cdot \log_2 3$. А одно взвешивание приносит информации $\log_2 3$, но это только в том случае, если стратегия взвешиваний каждый раз выбирается такой, чтобы вероятности трех разных ответов весов были равновероятными.

Далее эту задачу можно усложнить, изменив условие о том, что фальшивая монета именно тяжелее настоящей. Пусть мы знаем лишь то, что вес фальшивой монеты не совпадает с весом настоящей. Если в предыдущей задаче у нас было 9 версий (каждая из 9-ти монет могла оказаться тяжелее, а значит, фальшивой), то в этой задаче версий становится в 2 раза больше, поскольку каждая из 9-ти монет может оказаться тяжелее или легче настоящей. В этой задаче начальная энтропия равняется $H = \log_2 (2 \cdot 9) = 1 + \log_2 3^2 = 1 + 2 \cdot \log_2 3$. А

¹ Например, первый вопрос можно задать так: «Задуманное число больше 64-х?» А можно и так: «Задуманное число четное?»

поскольку одно взвешивание приносит $\log_2 3$ информации (опят же подчеркнем, это только в том случае, если стратегия взвешиваний каждый раз выбирается такой, чтобы вероятности трех разных ответов весов оказывались равновероятными), то фальшивая монета находится за $(2 + \log_2 2)$ взвешивание. То есть, может понадобиться от 2-х до 3-х взвешиваний. Это как повезет. Полезно рассмотреть эти варианты везения.

После рассмотрения этих задач можно раскрыть другие важные свойства информации - ее потенциальность и полезность. Суть потенциальности информации можно обозначить следующим образом. Если некоторое сообщение может иметь N возможных значений, то потенциально это сообщение может нести $\log_2 N$ единиц информации. Этот потенциальный максимум информационной емкости сообщения достигается тогда, когда все его N возможных вариантов значений равновероятны. Важно подчеркнуть, количество информации большее, чем $\log_2 N$ такое сообщение нести не может в принципе. Это его высшее потенциальное значение. А реальное полезное количество информации в таком сообщении будет лежать в диапазоне от 0 до $\log_2 N$ условных единиц¹.

А информационная полезность сообщения – это то реальное изменение энтропии версий, которое происходит после получения конкретного сообщения. Применительно к весам это можно пояснить так. Потенциально одно взвешивание на весах может принести $\log_2 3$ единицы информации. А реально одно взвешивание может иметь нулевое количество полезной информации, например, если повторить уже ранее проведенное взвешивание. Или же иметь некоторую ненулевую величину, но никак не большую потенциальной величины $\log_2 3$.

Проиллюстрировать понятие потенциальной информации (или, точнее, потенциального количества информации) рекомендуется так. Можно предложить слушателям снова сыграть в угадывание задуманного числа, но теперь уже в качестве ответов можно допускать три варианта: «да», «нет» или «не знаю». Предлагается угадать задуманное число в диапазоне от 1 до 200.

Познавательная ценность этой игры заключается в том, что большинство слушателей полагают, что ответ «не знаю» никогда никакой информации нести не может. А некоторых слушателей азарт может захлестнуть настолько, что они могут заявить: «А я вообще буду всегда отвечать «не знаю», и вы никогда мое задуманное число не отгадаете». Но если напомнить, что врать нельзя (как в карточной игре в конце могут быть проверены все ходы), то есть, все сообщения должны быть правдивыми (истинными), то наступает длительная задумчивость.

Эту задачу лучше давать на дом, намекнув на то, что если ответ имеет три варианта, то потенциально он может нести $\log_2 3$ единицы информации (также как и в задаче с весами). Значит, задача решается не более, чем за 5 ходов, поскольку $\log_2 200 < \log_2 243 = \log_2 3^5 = 5 \cdot \log_2 3$.

Сложность решения этой задачи заключается в том, чтобы каждый раз задавать такой вопрос, чтобы все три ответа были равновероятными. Делается это следующим образом. Каждый очередной вопрос надо задавать так, предварительно разделив все текущее множество возможных чисел на три равные по количеству группы чисел: «Вы знаете, я тоже задумал число из средней группы. Скажите, пожалуйста, Ваше задуманное число больше моего?». Если ответ будет «да», то задуманное число принадлежит старшей группе. Если - «нет», то – младшей. А если «не знаю», то – средней группе.

Таким образом показывается, что ответ на один вопрос, имеющий три возможных варианта ответа, может снизить количество возможных версий в три раза. Это хорошо еще раз иллюстрирует определение понятия информации, данное Шенноном: «Информация – это то, что снижает неопределенность».

В заключение, если курс теории информации читается будущим криминалистами, то, применительно к их конкретной специализации, можно рассмотреть задачи, помогающие решать важные вопросы каждой конкретной криминалистической экспертизы: «По скольким и каким (независимым, бинарным или многозначным) признакам следует решать ту или иную конкретную идентификационную задачу?»

Изложенный здесь опыт преподавания элементов теории информации можно положить в основу учебника для слушателей и студентов разных специальностей.

¹ Если для всех других первичных понятий (время, масса, длина и т.п.) существуют названия единиц их измерения (секунда, грамм, метр и т.п.), то для единицы измерения количества информации такого устоявшегося названия еще нет. Поэтому, по старинке, здесь мы употребили ранее распространенное название - «условная единица» (что сейчас может вызвать улыбку).