

Александр Бердников



Мир вокруг нас пронизан информацией и самыми разными сигналами, из которых только небольшую часть человек способен уловить и распознать. Обычно говорят, что у человека имеются пять чувств: зрение, слух, обоняние, осязание и вкус. И хотя попавшие в этот список чувства действительно очень важны для людей, он далеко не полон¹. Населяющие Землю создания природы обладают спектром чувств, отличным от нашего. Например, птицы ощущают магнитное поле, рыбы – электрические сигналы, зато в отличие от многих животных мы видим цветной, а не чёрно-белый мир. То, какие сигналы воспринимает животное и насколько хорошо оно это делает, зависит от важности соответствующей информации для выживания. Подземным животным, например, зрение не нужно (что под землёй разглядишь), и они часто незрячи, но обладают обострёнными другими чувствами.

Современный же человек имеет в целом более слабые чувства, чем его родственники по планете. Но человечество выжило и развивается, используя опыт предыдущих поколений, накопленный в виде знаний. Для этого необходим способ передачи информации – язык. Потому перед человеком всегда стояла проблема общения: как передать другим свои мысли, как донести до них важную информацию?

Отправимся мысленно в мир без интернета, мобильных телефонов. Как обеспечивалась связь в те времена? Самые простые способы вы без труда придумаете и сами: достаточно использовать жесты и звуки, как мы это и делаем при повседневном общении. Тем не менее, у всех этих способов есть общий недостаток: они плохо годятся для связи на больших расстояниях. Звук распространяется очень быстро (всего за секунду он пролетает около 340 метров), но даже такая скорость недостаточна для быстрой связи между крупными городами. Для примера возьмём сравнительно близкие Москву и Тулу, расстояние между которыми почти 200 км. У сигнала, обладающего скоростью звука, этот путь займёт около 10 минут. Просто для передачи сообщения наподобие письма такие задержки не страшны. Но представьте, что вы собрались поговорить по телефону с родственником из другого города, и после каждой вашей фразы приходится ждать десять минут, пока сигнал доберётся до собеседника и ещё десять, пока вернётся его ответ. Так никакого терпения не хватит!

¹Имеются, например, «чувства»: расположения в пространстве или веса, тепла/холода, а также многочисленные «внутренние чувства»: боли, голода, нежности, любви, страха, отвращения и т.д.

Но это ещё полбеды. Никто не слышит речь людей на другой улице, что уж говорить про разные города. Дело в том, что звук от места, где он возник, распространяется во все стороны, и его мощность распределяется по мере удаления от источника на всё большую поверхность. Поэтому громкость его быстро падает при удалении от источника звука.

Можно передавать информацию, включая или выключая свет. Конечно, свет, скажем, уличного фонаря, тоже рассеивается и теряет свою мощность. Зато скорость у света гораздо больше, чем у звука, – аж $299\,792\,458\text{ м/с}$. С такой стремительностью свет вполне мог бы за мгновение достичь любой точки Земли... не окажись у него на пути сама Земля.

Какая досада – путь свету даже на маленьких расстояниях преграждают дома, леса, горы. Вот если бы они были совсем прозрачными... Нет, так не годится – как их самих-то тогда видеть? Нужно нечто, умеющее обходить препятствия как звук и быстрое как свет. Решением оказался, как ни странно, всё-таки свет (его никому не перегнать), – но свет другого цвета. Не зелёного, не жёлтого – он в некотором смысле в огромное число раз «краснее» всего, что вы можете представить.

Но обо всём по порядку. Вернёмся на минутку к звуку. Он по своему устройству похож на волны на воде. Вода или воздух из того места, где их больше, стремятся переместиться туда, где их меньше. Если щёлкнуть пальцами или кинуть в воду камень, последствия будут похожими: во все стороны станут расходиться волны, в первом случае – попеременного уплотнения и разрежения воздуха, а во втором – повышения и понижения воды, см. рис. 1. Наши уши чувствуют, как меняется давление воздуха, и мы слышим звук (водяной аналог – «глаза видят, как колеблется уровень воды»). Чем короче волны и, соответственно, чаще колебания, тем выше, писклявей звук.

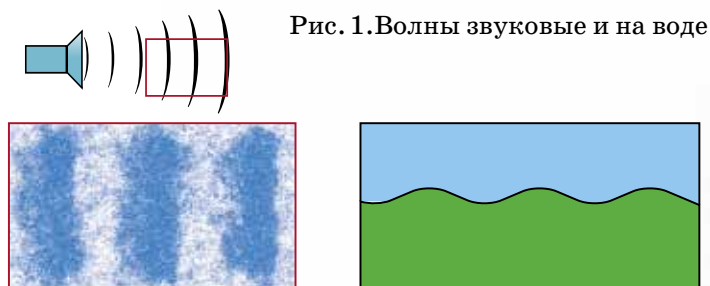


Рис. 1. Волны звуковые и на воде

Оказывается, нечто подобное представляет собой и свет. Вопрос о том, что же такое колеблется в световой волне, очень сложный. Поэтому мы деликатно обойдём это место, а заинтересовавшихся призываем поближе познакомиться с физикой.



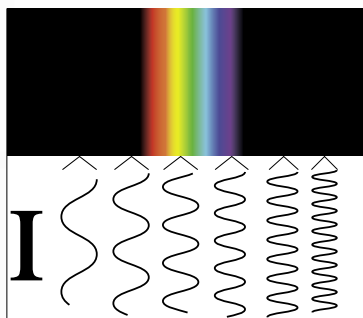


Рис. 2. Снизу изображена длина волны (отрезок слева – тысячная доля миллиметра). Сверху – какой цвет мы видим при наблюдении этой волны

Как тон звука зависит от частоты звуковых колебаний, так и цвет зависит от частоты световых волн. Причём доступные нашему зрению «ноты» – это всего лишь «октава» в бесконечной «гамме цветов». Чем меньше длина волны, тем ближе видимый цвет к синему, чем больше – тем ближе он к красному. Если и дальше увеличивать длину волны, мы перестанем наблюдать какой-либо цвет,

но он никуда не пропал – просто у нас нет соответствующего органа, который бы его замечал (рис. 2). Именно такой невидимый свет и стал решением проблемы. Что же в нём особенного?

Представьте себе такую ситуацию. Посреди озера стоит каменный островок. Если на воде только мелкая рябь, она разбивается о камень, и за ним возникает полоса штиля. Если волны покрупнее (ключевое значение имеет не высота, а именно длина волны), островок разбивает и их. Но волны, прошедшие справа и слева от камня, быстро смыкаются за ним, и волна в целом будто и не заметила препятствия (рис.3)! Так и со слышимым нами звуком: он имеет, в основном, длину волны порядка метра, и поэтому «не замечает», огибает предметы такого же размера и меньше. Звук достигнет ваших ушей, даже если вы отгородитесь от его источника, доской метр на метр, из какого бы звуконепропускаемого материала она ни была сделана. Звук просто её обойдёт. Видимый же свет имеет длину волны менее тысячной доли миллиметра. Поэтому любая песчинка для него – непреодолимое препятствие, оставляющее за собой мёртвую зону – тень. Но благодаря этому же качеству мы способны

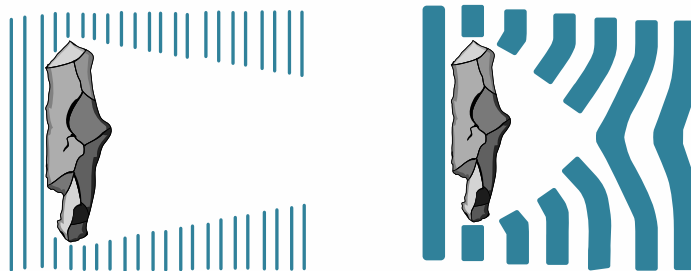


Рис. 3. Обтекание каменного островка различными волнами

видеть чёткую картинку, а не бесформенные разноцветные пятна. Здесь прямолинейность света нас выручила.

Вы, наверное, уже догадались, зачем нам потребовался такой невидимый, «сверхкрасный» свет. Если взять длину волны света примерно как у звука, то и свет начнёт себя вести подобным всепроникающим образом! К тому же он может и проходить сквозь некоторые препятствия. Вы наверняка видели когда-нибудь цветные стёклышки. Они показывают, что непрозрачный для одного цвета предмет может быть прозрачным для другого: сквозь зелёное стекло отлично проходит и виден зелёный цвет, но только он. Так и стены домов, например, непрозрачные для видимого цвета, пропускают некоторые другие, невидимые цвета. Поэтому радио часто способно работать и в наглухо закрытом помещении.

Отлично, с одной проблемой разобрались. Теперь не обязательно находиться в пределах прямой видимости с собеседником. Достаточно ему иметь фонарик, светящий нужным светом, а вам – «глаз» или, если угодно, «ухо», воспринимающее этот свет. Фактически, это почти то же самое, как если бы у одного был громкоговоритель или прожектор, а у другого – чувствительный микрофон или, соответственно, подзорная труба.

Осталась лишь одна извечная проблема. Как сделать, чтобы мощность сигнала не падала так стремительно? Ведь вместо того чтобы идти напрямик к адресату, свет идёт во все стороны сразу, большей частью вверх, в небо, что, вообще-то, никому не нужно. Как же ограничить сигнал, запретить распыляться?

Одно из возможных решений – провода. Электрические сигналы распространяются рядом с ними и вдоль них с той же скоростью света, притом от проводов далеко не уходят, поэтому потери в мощности несравнимо меньше, можно считать, их нет вообще. Но тогда провода надо проложить во все дома, соединить ими города, а это гигантская работа. На данный момент значительная её часть проделана, так как уж очень хорошее качество у проводной связи, но чем же довольствовались люди до этого? Да и на природе тогда что делать? И как быть, если нужно связаться с людьми по ту сторону океана?

Другое возможное решение, если достаточно передать сигнал в конкретную точку, такое: просто направить туда сигнал. Для этого используют рупор в случае звука и прожектор (фару) в случае света. Эти кривые зеркала отражают волны, идущие из одной точки, в нужном направлении.





С другого конца их же используют «в обратном направлении», собирая сигнал в одной точке, усиливая его (рис. 4). Телевизионные «тарелки» на крышах домов как раз для этого и нужны. Но хочется послать передачу сразу всем слушателям, где бы они ни находились, и принимать сигнал ото всех станций, не выверяя положение «тарелки» каждый раз при переключении на другую передачу или перемещении принимающего аппарата.

К тому же, если теперь для нашего сигнала мелкие преграды не помеха, то что делать с самой Землёй? Про препятствия такой величины мы как-то забыли. Можно использовать ещё более низкие частоты (СДВ, от 10 км), которые огибают даже такие большие преграды. Наоборот, короткие волны (УКВ, менее 10 м) преломляются в атмосфере (из-за её неоднородности) как в линзе и иногда способны тоже огибать земной шар. Но проблема потери интенсивности ограничивает их зону действия.

На выручку неожиданно приходит атмосфера, а точнее, её часть, расположенная на высоте от 100 км и выше – ионосфера. Она, можно сказать, постоянно заряжена солнечным излучением – часть атомов переходит в ионизированное, заряженное, состояние, становясь ионами. Отсюда и её название. И именно поэтому ионосфера обладает способностью отражать радиолучи длиной в несколько десятков метров. Эти же волны хорошо отражаются и от поверхности Земли (и от суши, и от океана, точнее, от проводящей электрический ток соленой воды). В результате такой сигнал оказывается зажатым в относительно тонком слое атмосферы (рис. 5). Благодаря этому, с одной стороны, огромная часть энергии сигнала не улетает бесполезно в космос, а с другой, радиосигнал теперь может огибать Землю (как он делал это с маленькими преградами без посторонней помощи). Если бы мы могли видеть в радиодиапазоне, небо для нас выглядело бы огромным зеркалом, в котором, в частности, можно было бы наблюдать отражения соседних городов, отражения отражений городов, что подальше, и так далее.

На этом принципе и передаёт информацию обычное радио средних и коротких волн (СВ – от 100 м, КВ – от 10 м).

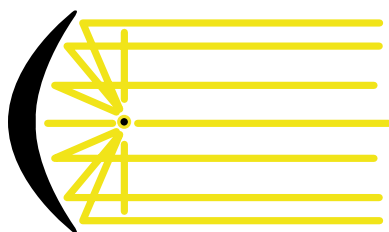


Рис. 4. Одна и та же отражающая форма годится и для фары (тогда лучи идут вправо), и для принимающей «тарелки» (а в этом случае – влево)



Рис. 5. Слева – распространение со временем единичного сигнала видимого света, а справа – радиосигнала, отражаемого ионосферой

Читайте продолжение в следующем номере.