ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ В ТЕХНИКЕ И БЫТУ

Ермаков А.

г.Самара, МБОУ лицей «Технический» ,1 «Б».класс

Научный руководитель: Андриянова Т.Н., учитель начальных классов высшей категории.

В 1666 году Исаак Ньютон выполнил знаменитый эксперимент, противоречащий практически всем теориям цвета, существовавшим в то время. Он открыл дисперсию солнечного света при прохождении через треугольную призму. Оказалось, что белый, лишенный цветовой окраски луч, преломившись, становится разноцветным как радуга. Сегодня даже дети знают волшебную фразу, которая помогает запомнить порядок семи основных цветов радуги – от красного до фиолетового: «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан».

Но потребовались еще более ста лет, прежде чем в 1800 году английским физиком Уильямом Гершелем были открыты инфракрасные (ИК) лучи. Причина проста – ИК-лучи невидимы человеческим глазом и обнаруживаются только косвенно, например, увеличивают показания термометра.

ИК-излучение представляет собой электромагнитные волны длиной от 770 нм до 1мм. ИК-излучение подчиняется законам оптики и, следовательно, имеет ту же природу, что и видимый свет. В 1923 г. советский физик А. А. Глаголева-Аркадьева получила радиоволны с длиной волны от 50 мм до 82 мкм, лежащие в промежутке между радиоволнами и ИК-излучением. Таким образом, экспериментально доказано, что видимый свет, ИК-излучение и радиоволновое имеют общую электромагнитную природу.

ИК-излучение невооруженным глазом не видно. Человек ощущает ИК-излучение как тепло. Поэтому все нагретые тела являются источниками ИК-излучения. Так как сам человек является нагретым телом, то он тоже излучает ИК-лучи, что снижает его чувствительность к внешнему ИК-излучению. Поэтому необходимы работы по созданию и устройств, имеющих повышенную чувствительность и позволяющих «увидеть» или «услышать» ИК-излучение, исходящее от очень слабо нагретых или сильно удаленных от нас тел.

Актуальность исследовательской работы заключается в том, что у всех детей возникает проблема, когда надо понять что-то новое, невидимое и почти неосязаемое. А играть всем детям нравится, поэтому мы решили превратить скучное в интересное и увлекательное.

Объектом исследования в данной работе являются источники ИК-излучения.

Предметом исследования являются свойства ИК-излучения, которые позволяют сделать его осязаемым, видимым или слышимым, и тем самым вызвать интерес и увлечь слушателей.

Цель исследовательской работы – выявить свойства ИК-излучения, которые позволяют использовать его в технике и быту.

Задачи:

1. Изучить источники ИК-излучения,
2. Выяснить их воздействие на человека,
3. Рассмотреть примеры использования в технике и быту.

Если существуют доступные нам источники ИК-излучения, если оно влияет на человека, если его используют в технике и в быту, то возможно разработать игры и увлекательные демонстрации, позволяющие вызвать интерес к изучению этого удивительного явления природы.

Методы исследования: библиографический анализ литературы и материалов сети Internet; наблюдения и фотографирование; проведение экспериментов; синтез игр и демонстраций.

Структура работы обусловлена предметом, целью и задачами исследования. Работа состоит из введения, пяти разделов и заключения.

Введение дает оценку современного состояния решаемой задачи, раскрывает актуальность, определяет объект, предмет, цель, задачи и методы исследования.

В первом разделе рассматриваются различные источники ИК-излучения. Во втором разделе рассматривается влияние ИК-излучения на человека. В третьем разделе приведены примеры использования ИК-излучения в технике и быту. Четвертый раздел посвящен разработке игры «Найди Красную Шапочку», которая позволяет зрителям понять, как можно увидеть невидимое. В пятом разделе синтезировано устройство, которое демонстрирует слушателям как можно услышать невидимое ИК-излучение и позволяет им на слух почувствовать что такое чистая и грязная жидкость и зачем необходимо тщательно мыть руки.

В заключении подводятся итоги исследования, формулируются окончательные выводы по рассматриваемой теме, указаны направления дальнейших исследований и даны предложения по практическому использованию полученных результатов.

Источники инфракрасного излучения

Мощным источником ИК-излучения является Солнце, около половины излучения которого лежит в инфракрасной области [1]. Значительная доля (от 70 до 80%) энергии излучения ламп накаливания с вольфрамовой нитью приходится на ИК-излучение. Поэтому при фотографировании в темноте и в некоторых приборах ночного наблюдения лампы для подсветки снабжаются инфракрасным светофильтром, который пропускает только инфракрасное излучение.

Искусственными источником ИК-излучения являются:

– угольная электрическая дуга с температурой около 3900 К, излучение которой близко к излучению чёрного тела;

– различные газоразрядные лампы (импульсные и непрерывного горения);

– спирали из нихромовой проволоки, нагреваемые до температуры ~ 950 К. Их применяют для радиационного обогрева помещений. Для лучшей концентрации инфракрасного излучения такие нагреватели снабжаются рефлекторами. В научных исследованиях, например, при получении спектров инфракрасного поглощения в разных областях спектра применяют специальные источники ИК-излучения:

– ленточные вольфрамовые лампы;

– штифт Нернста, который представляет собой тонкий стержень из различных металлических окислов, накаливаемый с помощью электрического тока. В состав стержня входят окислы, обладающие значительным избирательным ИК-излучением, например окиси церия, тория, циркония и др. Для него характерны: стабильность работы, отсутствие продуктов сгорания, способных портить аппаратуру, простота использования и интенсивное излучение с длинами волн до 15 мкм;

– глобар - стержень из карбида кремния диаметром 5 мм и длиной порядка 40 м, нагреваемый пропускаемым через него электрическим током до температуры порядка 1400°С. Рабочий диапазон излучения от 0,8 до 25 мкм;

– ртутные лампы высокого давления;

– полупроводниковые ИК-диоды;

– оптические квантовые генераторы – лазеры, излучение некоторых также лежит в инфракрасной области спектра; например, излучение лазера на неодимовом стекле имеет длину волны 1,06 мкм, лазера на смеси неона и гелия - 1,15 мкм и 3,39 мкм, лазера на углекислом газе - 10,6 мкм, полупроводникового лазера на InSb - 5 мкм и др.

Приёмники ИК-излучения основаны на преобразовании энергии ИК- излучения в другие виды энергии, которые могут быть измерены обычными методами. Существуют тепловые и фотоэлектрические приёмники инфракрасного излучения [2]. В первых поглощённое ИК-излучение вызывает повышение температуры термочувствительного элемента приёмника, которое и регистрируется. В фотоэлектрических приёмниках поглощённое ИК-излучение приводит к появлению или изменению электрического тока или напряжения. Фотоэлектрические приёмники, в отличие от тепловых, являются селективными приёмниками, т. е. чувствительными лишь в определённой области спектра. Специальные фотоплёнки и пластинки - инфрапластинки - также чувствительны к ИК-излучению (длиной волны до 1,2 мкм), и потому в ИК-излучении могут быть получены фотографии. Определенную чувствительность к ИК-излучению имеют приборы с зарядовой связью (ПЗС), которые являются одним из основных элементов всех цифровых фотоаппаратов. С помощью мобильного телефона с такой цифровой камерой нетрудно зарегистрировать излучение ИК-диода пульта дистанционного управления телевизора (ПДУ) (рис. А1) и отражения этого излучения от зеркала (рис. А2).

Если использовать ИК-светофильтр, то можно с помощью фотокамеры наблюдать ИК-излучение сильно нагретых тел, например, Солнца (рис. А3), спирали лампы накаливания (рис. А4).

С помощью ИК-телескопа можно увидеть галактики, скрытые от нас облаками пыли. Вот как, например, выглядит Туманность Андромеды в ИК-лучах (рис. А5) [3]. Вещества по-разному пропускают видимое и ИК-излучение, например, йод видимый свет сильно ослабляет (рис. А6), а в ИК-диапазоне он практически прозрачен (рис. А7).

Восприятие инфракрасного излучения человеком

ИК-излучение это естественный природный вид излучения на Земле. Человек постоянно подвергается действию ИК-лучей, это его нормальное состояние. Большая часть Солнечной энергии поступает на Землю в виде ИК-излучения. Солнце, находящееся в зените, обеспечивает освещённость на уровне моря чуть более 1 кВт/м^2. При этом 523 Вт приходится на ИК-излучение, 445 Вт. - на видимый свет, 32 Вт.- на ультрафиолетовое излучение. Кроме того, все другие тела, состоящие из заряженных частиц, которые совершают постоянные хаотические колебания, тоже являются излучателями ИК-лучей в диапазоне волн от 770 нм до 2 мм.

Длина волны теплового излучение самого человека составляет 9,6 мкм. Организм

человека производит в среднем 100 ккал/час тепла. Это количество увеличивается при увеличении обмена веществ, например при мышечной работе. Сколько тепла вырабатывает организм, столько же он должен и отдать в окружающую среду. Если он отдаёт больше, чем вырабатывает, то возникает опасность замерзания, если он отдаёт слишком мало, то наступает тепловой удар.

Влияние ИК-излучения на человека было изучено японским врачом Тадаши Ишикава в 60-х годах прошлого столетия. Он установил что ИК-лучи могут проникать в тело человека на большую глубину, вызывая аналогичный эффект получаемый человеком в парилке. Но в этом случае потоотделение кожи начинается уже при температуре окружающего воздуха около 50 °С и внутренние органы прогреваются значительно глубже, чем в парилке. Инфракрасные волны, проникая вглубь тела человека, прогревают все его органы и усиливают кровообращение. Физическая терморегуляция перестраивается на увеличение теплоотдачи, в тоже время химическая терморегуляция приводит к уменьшению теплопродукции. Что ведёт к расширению сосудов кожи, подкожной клетчатки и органов дыхания которые в свою очередь улучшают питание мышц и резко повышают снабжение тканей кислородом. Результатом этих работ стало создание инфракрасных кабин, в котором основным элементом обогрева были длинноволновые ИК-обогреватели.

Длительные исследования учёных по влиянию ИК-излучения на человека показали, что инфракрасное тепло оказывает положительное воздействие на его здоровье. При этом поглощённое телом излучение согревает человека, преобразуясь в тепло, а излишки тепла отдаются прохладному воздуху, действуя освежающе на него. Но не следует забывать и о том, что длительное пребывание под интенсивным инфракрасным излучением может спровоцировать тепловой удар, а воздействие очень сильного ИК-излучения вызывает ощущение боли и приводит к ожогу.

В обычных (естественных) условиях человек не видит ИК-излучения. Но взаимодействие человека с искусственными квантовыми источниками ИК-излучения (лазерами) позволило сделать неожиданное открытие. При определенных условиях человеческий глаз может видеть ИК-излучение [3, 4, 5].

Открытие было сделано случайно в ходе эксперимента, относящегося к другому исследованию. Ученые из Университета Вашингтона в Сент-Луисе заметили, что периодически видят вспышки зеленого света при использовании ИК-лазера, что очень сильно их удивило.

Затем исследователи устроили серию тестов. Сначала – с добровольцами, которым демонстрировали вспышки ИК-лазера. Выяснилось, что человек действительно, если вспышка достаточно коротка, способен регулярно замечать ее.

Потом ученые облучали инфракрасным излучением клетки сетчатки мышей (они тоже не могут его видеть), а также провели моделирование воздействия ИК-излучения на родопсин – основной светочувствительный белок в сетчатке глаза.

Оказалось, что родопсин может воспринимать излучение в ближнем ИК- диапазоне благодаря квантовому эффекту, известному как двухфотонное поглощение.

Когда интенсивность лазерного излучения, то есть число фотонов, которые лазер излучает за единицу времени, становится достаточной, то родопсин может поглотить одновременно два фотона. К примеру, если белок поглотит два фотона с длиной волны 1000 нм, то глаз воспримет их как единый фотон с длиной волны 500 нм, которая соответствует как раз зеленому цвету для человеческого глаза.

Открытие, считают ученые, не только углубляет современные представления о человеческом зрении, но и может привести к усовершенствованию методики диагностики заболеваний глаз.

Примеры использования инфракрасного излучения в технике и в быту

ИК-излучение находит широкое применение в научных исследованиях, при решении большого числа практических технических задач, в военном деле, в быту человека [6].

Исследование спектров испускания и поглощения в инфракрасной области используется при изучении структуры электронной оболочки атомов, для определения структуры молекул, а также для качественного и количественного анализа смесей веществ сложного молекулярного состава, например моторного топлива. Благодаря различию коэффициентов рассеяния, отражения и пропускания тел в видимом и ИК-излучении, фотография, полученная в ИК-излучении (термография), обладает рядом особенностей по сравнению с обычной фотографией. Например, на инфракрасных снимках часто видны детали, невидимые на обычной фотографии.

Инфракрасные снимки также широко используются в астрономии, наряду с другими типами электромагнитных волн.

В промышленности ИК-излучение применяется для сушки и нагрева материалов

и изделий при их облучении, для дезинфекции, а также для обнаружения скрытых дефектов изделий.

В медицине ИК-лучи применяют для лечения и профилактики многих разнотипных заболеваний.

На основе фотокатодов, чувствительных к ИК-излучению (для длины волны меньше 1,3 мкм), созданы специальные приборы - электронооптические преобразователи, в которых невидимое глазом инфракрасное изображение объекта на фотокатоде преобразуется в видимое. На этом принципе построены различные приборы ночного видения (бинокли, прицелы и др.), позволяющие при облучении наблюдаемых объектов ИК-излучением от специальных источников, например, от ИК-диодов вести наблюдение или прицеливание в полной темноте.

Создание высокочувствительных приёмников ИК-излучения позволило построить специальные приборы - теплопеленгаторы для обнаружения и пеленгации объектов, температура которых выше температуры окружающего фона (нагретые трубы кораблей, двигатели самолётов, выхлопные трубы танков и др.), по их собственному тепловому ИК-излучению.

На принципе использования теплового излучения цели созданы также системы самонаведения на цель снарядов и ракет. Специальная оптическая система и приёмник ИК-излучения, расположенные в головной части ракеты, принимают ИК-излучение от цели, температура которой выше температуры окружающей среды (например, собственное ИК-излучение самолётов, кораблей, заводов, тепловых электростанций), а автоматическое следящее устройство, связанное с рулями, направляет ракету точно в цель.

Инфракрасные локаторы и дальномеры позволяют обнаруживать в темноте любые объекты и измерять расстояния до них.

Оптические квантовые генераторы, излучающие в инфракрасной области, используются также для наземной и космической связи.

В быту люди используют бытовые обогреватели. В отличие от конвекторов, такие устройства с помощью лучистой энергии нагревают все объекты помещения. А уже дальше, предметы интерьера отдают тепло окружающему воздуху.

Также широко используется передача данных и дистанционное управление. Например, все пульты от телевизоров, музыкальных центров, кондиционеров, управляемых игрушек используют ИК-лучи.

Игра «найди красную шапочку»

Для игры необходимо подготовить следующий реквизит:

- три одинаковые вязаные шапочки с помпончиками;
- в одну из шапочек незаметно для окружающих закрепляется ИК-диод, схема управления и миниатюрная батарейка, а внутренняя поверхность шапочки обтягивается красным бархатистым материалом.

Правила игры:

Ведущий вызывает на сцену трёх девочек и одного взрослого. Взрослый надевает девочкам шапочки так, чтобы ни окружающие и ни сами девочки не знали, кому досталась красная шапочка.

Девочки в шапочках выстраиваются лицом к зрителям.

Ведущий предлагает зрителям угадать, кто из трёх девочек – Красная Шапочка, а сам отправляется сделать фотографию всех трёх девочек.

Зрители начинают наугад называть имя то одной, то другой девочки. Ведущий прекращает спор зрителей и говорит: «А я знаю кто из девочек Красная Шапочка! Это – (называет Имя)!».

Ведущий предлагает девочкам снять шапочки, вывернуть их наизнанку и снова надеть.

Все зрители видят, что ведущий оказался прав.

Если в зале имеется монитор или видеопроектор, то ведущий демонстрирует зрителям фотоснимок девочек, который он сделал с помощью камеры смартфона. На снимке отчетливо видно свечение ИК-диода на шапочке названной им по имени девочки и зрители понимают как он «угадал Красную Шапочку».

Услышать невидимое

Мой дед, Малыгин Николай Александрович, показал мне один из своих приборов, которые он разрабатывал. Этот прибор называется «Анализатор загрязнения жидкостей», сокращенно АЗЖ. В настоящее время эти приборы используются при производстве и запуске наших ракет и космических кораблей, самолетов, на наших электростанциях и т.д.

В приборе АЗЖ используется инфракрасное излучение для обнаружения и подсчета мелких, невидимых глазом частичек загрязнений, находящихся в жидкостях. Оказывается, что эти частички, если их много, могут испортить механизмы ракеты или самолеты, и произойдет авария или катастрофа, а на электростанциях могут сгореть трансформаторы и целые города останутся без света. Прибор АЗЖ позволяет это

обнаружить, вовремя устранить причину загрязнения и заменить грязную жидкость.

Устройство и принцип действия анализатора загрязнений жидкости

Фотоэлектрический анализатор загрязнения жидкостей АЗЖ-975 [7] работает по принципу измерения инфракрасных потоков, рассеянных частицами загрязнений. Анализируемая жидкость прокачивается по измерительному каналу малого диаметра, с одной стороны которого установлен ИК-излучатель с оптической системой, а с другой - фотоприемник с оптической системой. Поскольку направление потока жидкости перпендикулярно оптической оси измерительной системы «излучатель-фотоприемник», то в месте их пересечения образуется измерительный объем. При наличии оптической неоднородности в измерительном объеме (например, механических примесей) происходит рассеяние излучения во всех направлениях. Измеряя с помощью фотоприемника интенсивность рассеянного излучения, можно получить информацию о параметрах частиц загрязнений.

Анализатор загрязнений жидкости состоит из фотоэлектрического датчика и блока электроники (БЭ) (рисунок А8).

Исследование чистоты питьевой воды с помощью анализатора загрязнений жидкости

Мы попробовали применить прибор АЗЖ для определения загрязнений в питьевой воде. На кухне у нас два крана – из одного мы моем посуду, а из другого, через фильтр, наливаем воду в чайник и в кастрюли для приготовления пищи.

Мы взяли пробы воды из каждого крана, подождали немного, пока из воды не вышли пузырьки воздуха. На вид обе пробы были совершенно прозрачные, вода казалась очень чистой.

Мы пропустили пробы через датчик прибора. На дисплее появились разные цифры, в которых мне было трудно сразу разобраться.

Так как мне очень нравиться слушать музыку и самому петь песни, я спросил у деда, нельзя ли сделать так, чтобы прибор озвучил как-то чистоту жидкости. Идея понравилась, и мы вместе придумали, как подключить прибор к усилителю и звуковым колонкам, которые стояли у нас дома.

Снова взяли пробы воды из двух кранов и поочерёдно пропустили их через датчик. При контроле фильтрованной воды звук в колонках был тихий, а при контроле воды из обычного крана раздался очень громкий звук похожий на треск. Так мы смогли услышать невидимые глазом частички загрязнений, которых в воде после фильтра было значительно меньше!

Во время экспериментов обнаружилось значительное увеличение громкости звука при погружении в пробу воды пальцев рук. Это «звучит» грязь, смываемая водой с поверхности кожи, что демонстрирует эффективность мытья рук.

Сейчас мы продумываем другие опыты по контролю чистоты минеральной воды из пластиковой и стеклянной посуды, сравниваем эффективность различных моющих средств и планируем сделать небольшой прибор для бытового применения со звуковой и световой индикацией.

Заключение

В работе рассмотрены источники инфракрасного излучения, их свойства, влияние на человека и применение их в технике и быту человека.

Разработана игра (с применением инфракрасного диода) «Найди Красную Шапочку», в которой демонстрируется возможность обнаружить невидимый глазом источник ИК-излучения.

Предложен способ услышать сигналы от источника ИК-излучения, мимо которого проходят частицы загрязнений, находящихся в воде. Удалось в доступной форме, «на слух» продемонстрировать эффективность очистки фильтром питьевой воды из домашнего водопровода, а также послушать как «звучит» грязь, смываемая водой с поверхности кожи рук.

В дальнейших исследованиях предлагается провести контроль чистоты минеральной воды из пластиковой и стеклянной посуды, сравнить эффективность различных моющих средств, а также разработать и изготовить макет небольшого устройства для бытового применения со звуковой и световой индикацией.