

Научно-исследовательская работа
по окружающему миру

«ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НЕВИДИМОСТИ»

*Выполнил(а):
Тригуб Александра Борисовна
ученица 4 «А» класса
Классического пансиона МГУ
имени М.В. Ломоносова*

*Руководитель:
Ходзицкая Елена Александровна,
Учитель по окружающему миру
Классического пансиона МГУ
имени М.В. Ломоносова*

Москва, 2023г.

Оглавление:

Введение	3
Основная часть	5
Заключение	24
Список литературы.....	25

Введение

Мне очень нравится читать книги и смотреть фильмы о Гарри Поттере. Особенно нравятся эпизоды с использованием главным героем плаща-невидимки. И я задумалась, каким образом это происходит в фильме. Очевидно, что в художественном фильме могут быть применены так называемые киноэффекты, рисование, не имеющие ничего общего с действительностью. Но существует инновационная игрушка мантия-невидимка Гарри Поттера, когда мои собственные глаза через мобильное приложение в телефоне видят, как человек, надевший данную игрушку, плащ, скрывается, становится невидимым для окружающей среды. На окружающем мире мы изучили органы зрения и то, каким образом глаз пропускает свет. По-видимому, именно восприятие глазом человека окружающей среды лежит в основе невидимости плаща Гарри Поттера и других созданных образцов, изделий со свойствами невидимости.

Цель исследования: изучить свойства невидимости и установить их роль в жизни человека.

Для достижения цели требуется решение следующих **задач**:

1. Изучить литературу по теме исследования;
2. Провести исследование свойств невидимости и установить роль невидимости в восприятии окружающего мира;
3. Проанализировать полученные результаты.

В представленной работе, посвященной исследованию свойств невидимости и установлению роли невидимости в восприятии окружающего мира, будут рассмотрены:

- основной механизм работы органа зрения (человеческого глаза);
- взаимосвязь органа зрения (человеческого глаза) со светом, световыми явлениями;
- свойства невидимости из имеющихся образцов, изделий со свойствами невидимости в домашних условиях;
- роль установленных свойств невидимости в восприятии окружающего мира.

Также будут представлены результаты исследований свойств невидимости и их роли в восприятии окружающего мира.

Объектом исследования являются свойства невидимости.

Предметом исследования является роль свойств невидимости в восприятии.

Гипотеза исследования – если исключить взаимосвязь глаза человека со световыми явлениями, то невидимость в восприятии окружающего мира невозможна.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что было проведено изучение и систематизация литературных данных по рассматриваемой теме.

Практическая ценность данного исследования заключается в том, чтобы расширить представление о свойствах невидимости и их значении в восприятии. Так как в повседневной жизни человек практически не встречается со свойствами невидимости и зачастую даже не имеет представлений о них, изучение роли невидимости в восприятии является **актуальной научной темой**, имеющей как теоретическую, так и практическую значимость.

Так идея невидимости появилась тысячи лет назад в древнегреческой мифологии. Тогда шапка-невидимка возникла в качестве одного из волшебных предметов, которые принадлежали Аиду. Аид считался богом-невидимкой. О шапке-невидимке также рассказывается в подвигах Геракла, она появляется в мифе о борьбе Персея с горгоной Медузой [1, с. 94]. Позже миф о шапке-невидимке стал распространяться по всему миру, появляясь в самых разных мифологиях и становясь их неотъемлемой частью. Так произошло и с русским фольклором — во многих сказках этот волшебный атрибут помогает главному герою справиться с разными испытаниями и прийти к счастливому окончанию сюжета.

В Китае первые упоминания о феномене невидимости относятся к периоду правления династии Вэй, то есть к 477-517 годам нашей эры. Китайские летописцы отмечают, что в те времена на улицах городов появились невидимые шутники, которые отрезали у людей косички. А через тысячу лет история повторилась. В 1876 году в Нанкине, Шанхае и других китайских городах были отмечены аналогичные случаи хулиганства невидимок. Существует поверье, что в средневековой Европе

секретом невидимости владели члены «Братства вольных каменщиков» - масоны - и близкого к нему «Братства креста и розы» - розенкрейцеры [2, с. 41].

Свойства невидимости для человеческого глаза известны ученым довольно давно. Их описал еще в 1967 году советский и российский физик Виктор Георгиевич Веселаго. Он признан пионером в области оптики материалов. На основе работ советского физика Сергея Леонидовича Мандельштама Веселаго теоретически предположил, что если создать материал с отрицательным показателем преломления, то он может стать невидимым [3, с.20-26].

Что известно о свойствах невидимости сегодня, какие факты на основе научных открытий, инновационных методов исследований и решений в данном вопросе играют основополагающую роль, что могут принести нам знания о невидимости, разработанные изделия и прототипы?

Основная часть

В толковом словаре Ожегова «невидимый» означает недоступный зрению, незаметный [4, с.391].

Основной механизм работы органа зрения (человеческого глаза) состоит в следующем (рис. 1).

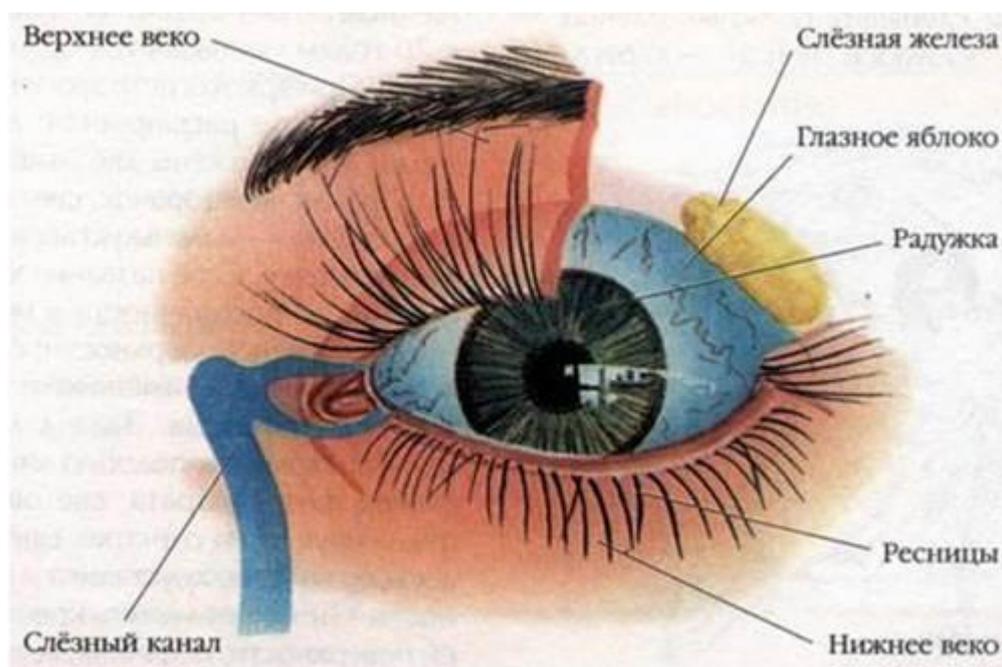


Рис. 1. Основной механизм работы органа зрения (человеческого глаза)

Человеческий глаз имеет круглую форму и называется глазным яблоком. Глаза расположены в глазницах - в специальных углублениях в черепе.

Движением глаза управляют специальные мышцы, расположенные по бокам, сверху и снизу глазного яблока. Эти мышцы прикреплены к склере – твердой оболочке белого цвета, которая защищает те части глаза, которые находятся внутри глазного яблока (рис. 2).

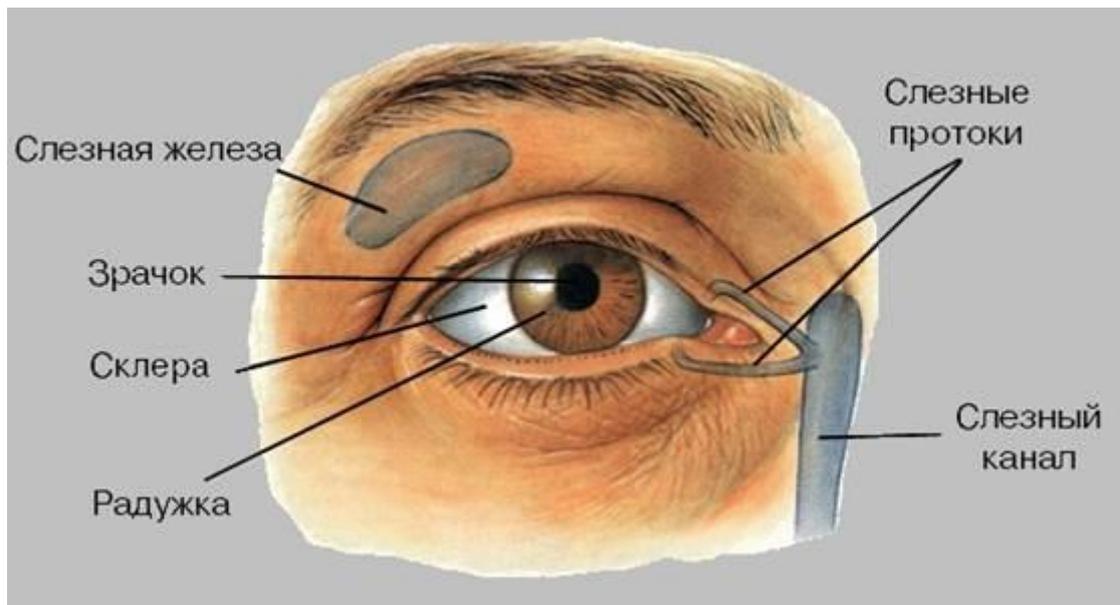


Рис. 2 Строение глаза

Внешняя сторона глаза защищена верхним и нижним веками. Веки человека – это складки кожи, которые поднимаются и опускаются специальными мышцами. Постоянно закрываясь и открываясь, они позволяют глазу оставаться чистым и увлажненным. Если в темной комнате резко включить яркий свет, человек обязательно зажмурится – сомкнутся его веки, защищая глаза от слепящего света и давая им возможность постепенно привыкнуть к смене освещения. Если поднести близко к лицу какой-либо предмет, веки автоматически закроются, защищая глаза от возможной опасности.

Брови тоже охраняют глаза: они препятствуют попаданию пота со лба в глаза.

Ресницы защищают глаза от пыли, дождя, снега и других помех.

Спереди глаз покрыт прозрачной тонкой оболочкой, роговицей, которая состоит из клеток, легко пропускающих свет. Мы видим сквозь роговицу, как сквозь прозрачное стекло (рис. 3).

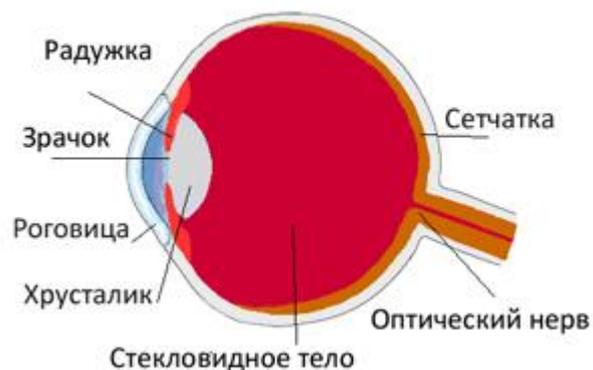


Рис. 3. Роговица – прозрачное стекло

Роговица нуждается в постоянном увлажнении, иначе она тускнеет. Чтобы роговица не тускнела, существуют слезные железы (рис.2), в которых хранится жидкость - слезы.

Роговица покрывает цветную часть глаза – радужную оболочку. Радужка уникальна – на Земле нет даже 2 людей с одинаковыми радужными оболочками глаз (рис. 3).

Чтобы сберечь радужку, необходимо в яркую солнечную погоду носить солнцезащитные очки (рис. 1). Сзади к радужной оболочке прикреплены мышцы, которые позволяют ей менять форму в зависимости от освещения: чем меньше света, тем уже кольцо радужки. Таким образом, радужка контролирует, сколько света проникнет через зрачок – черный кружок, который находится в центре радужной оболочки (рис. 2). Именно через него внутрь глаза проходит свет. Если свет яркий, зрачок сужается, а если свет слабый тусклый – расширяется. От этого зрачок выглядит то совсем маленьким, то большим – в зависимости от сильного или слабого освещения.

В центре глаза, позади радужной оболочки и зрачка, расположена овальная линза – хрусталик (рис. 3). Он похож на линзу фотоаппарата и так же, как она, пропускает через себя свет. Хрусталик прозрачный, бесцветный и эластичный. Для того чтобы сфокусировать изображение, хрусталик изменяет свою форму, становясь то более выпуклым, то более плоским. Иногда в работе хрусталика происходит сбой,

тогда некоторые люди нечетко видят предметы вблизи (дальнозоркость) или вдалеке (близорукость). Тогда люди носят очки, чтобы помочь хрусталику. Также хрусталик можно тренировать: для этого достаточно несколько раз перевести взгляд с дальнего объекта на ближний и обратно.

После хрусталика свет проходит через стекловидное тело, заполняющее всю полость глазного яблока (рис. 3). Стекловидное тело состоит из тонких волокон, между которыми находится бесцветная прозрачная жидкость, обладающая большой вязкостью; эта жидкость напоминает расплавленное стекло. Отсюда и произошло его название – стекловидное тело.

Сетчатка - та часть глаза, с помощью которой мы видим. Сетчатка плотно покрывает заднюю часть глазного яблока. Она также важна, как пленка в фотоаппарате. Сколько бы мы ни нажимали на кнопку, сколько бы света ни проходило сквозь линзу объектива, если в фотоаппарате нет пленки, все равно никакой фотографии не получится. То же самое происходит и с глазами. Если бы в них не было сетчатки, мы бы ничего не видели (рис. 4).

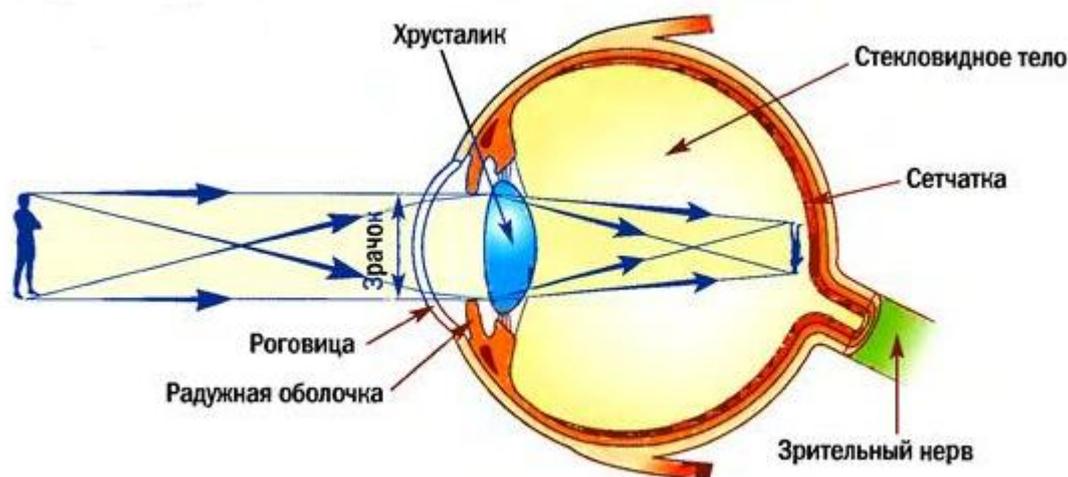


Рис. 4. Прохождение света через роговицу

Свет сначала проходит через роговицу и зрачок, затем через хрусталик, потом сквозь прозрачную жидкость, заполняющую глазное яблоко внутри, и, наконец, в самой дальней части глазного яблока достигает сетчатки. Хотя размер сетчатки невелик, на ее поверхности находится более 130 миллионов чувствительных к свету

клеток. Эти клетки делятся на 2 типа: палочки (различают белый, черный и все оттенки серого цвета; помогают видеть в темноте) и колбочки (различают все цвета, но могут работать только при свете). Когда свет достигает сетчатки, она передает сигнал по особому нерву (он называется зрительным нервом) в специальный отдел мозга.

Таким образом орган зрения (человеческий глаз) настроен на то, чтобы:

- реагировать на свет;
- пропускать свет;
- менять форму (в строении) в зависимости от света;
- через орган зрения проходит свет, и только тогда человек имеет возможность видеть.

Таким образом установлена взаимосвязь органа зрения (человеческого глаза) со светом.

Для установления взаимосвязи органа зрения (человеческого глаза) с так называемыми световыми явлениями представим предмет, например, кружку, как достаточно большой объект, чтобы его различил человеческий глаз (рис. 5).

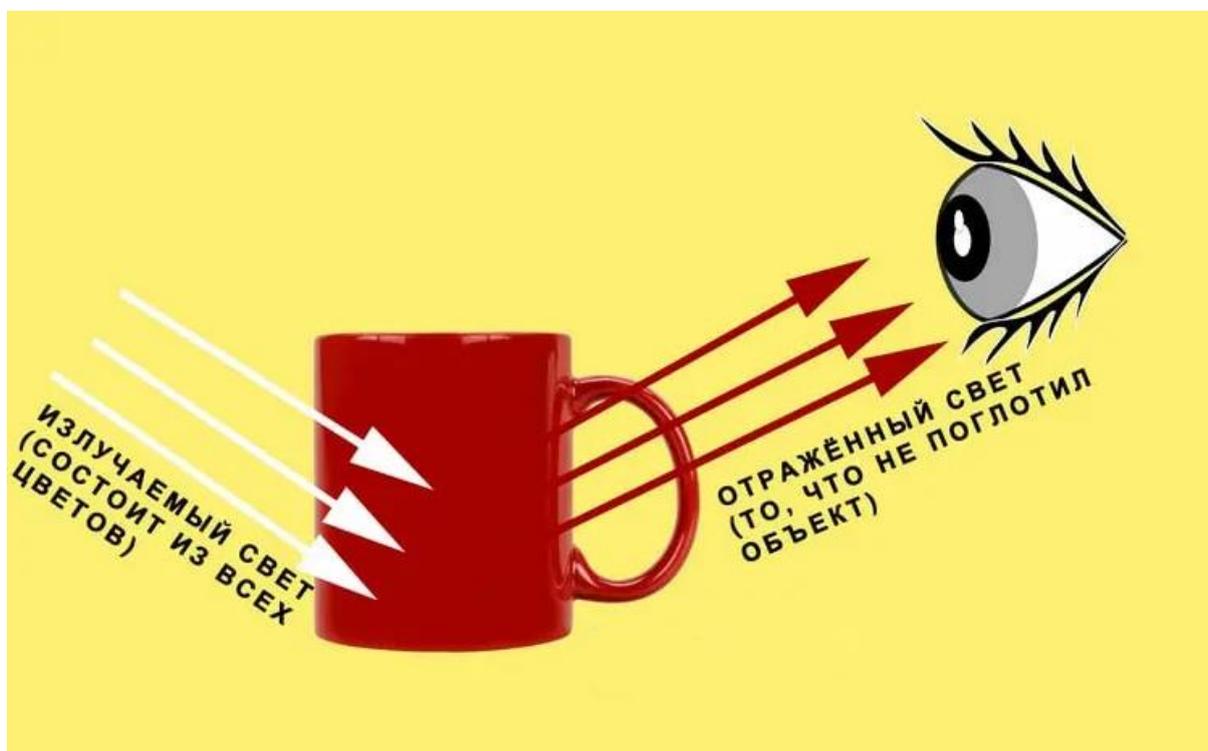


Рис. 5. Отражение излучаемого света (источником света) кружкой

Поверхность кружки поглощает часть излучаемого естественного света и отражает всё остальное. Если мы видим красную кружку, это значит, что она поглотила все цвета доступного окружающему миру спектра цветов (цветов, составляющих радугу), но отразила красный. Белые объекты отражают максимум спектра, чёрные — минимум. По той же причине и трава является зелёной: листья поглощают весь свет, кроме зелёного.

Явления, связанные с излучением, отражением, поглощением, преломлением света, называются световыми. А раздел физики, изучающий световые явления, называется оптикой. Кратко можно сказать, что оптика – наука о свете! Все живое на Земле существует благодаря лучистой энергии солнечного света.

Все, что связано с возникновением света, его распространением и взаимодействием с поверхностями, веществом, называют световыми явлениями. Яркими примерами оптических явлений могут быть: радуга после дождя, молния во время грозы, мерцание звезд в ночном небе, игра света в потоке воды и многие другие.

Невидимость относится к оптическому явлению по мнению Митио Каку в бытовом смысле, когда подразумевают оптический диапазон (спектр) – видимость человеческим зрением. Невидимость также означает невозможность по каким-либо причинам полностью или частично зарегистрировать объект в произвольном диапазоне электромагнитных волн [9, с. 42-64].

В настоящей работе продемонстрированы опыты в домашних условиях, исходя из невидимости, как оптического явления. Но роль установленных свойств невидимости рассмотрена с применением комплексного метода исследования, в том числе в работе имеющихся изделий, технических устройств с учетом диапазона электромагнитных волн (рис. 6).

Станет ли объект невидимым, если поглотит весь свет? Нет, потому что мы будем видеть бесконечно чёрную «выпуклость» на его месте. В ночное время у него есть шанс быть незамеченным, но не при свете дня. На Земле пока не создали полностью чёрный материал. Сейчас ближе всего к этому самый чёрный материал в мире Vantablack, который поглощает 99,965 % падающего света (рис. 7).

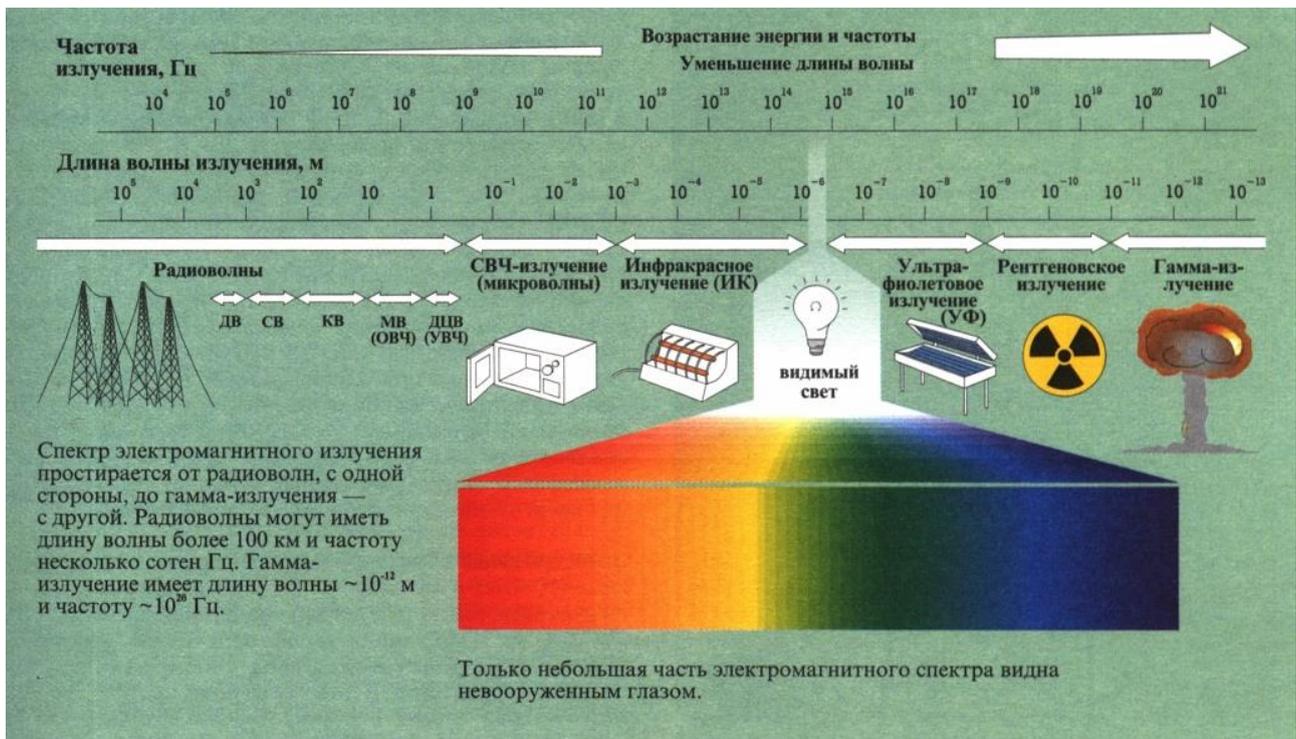


Рис.6. Диапазон электромагнитных волн



Рис. 7. Самый черный материал в мире Vantablack (краска), выращенный на металлической фольге

Для сравнения даже самый чёрный уголь способен поглотить только 96% света.

Ключом к исследованию свойств невидимости является преломление света. Объекты видны, потому что на них попадает и отражается свет. Ведь можно найти способ заставить весь свет огибать нужный предмет, следовательно, и отражаться

будет нечему. Теоретически это действительно может сработать. Тогда мы увидим элементарную схему, изображенную на рис. 8.

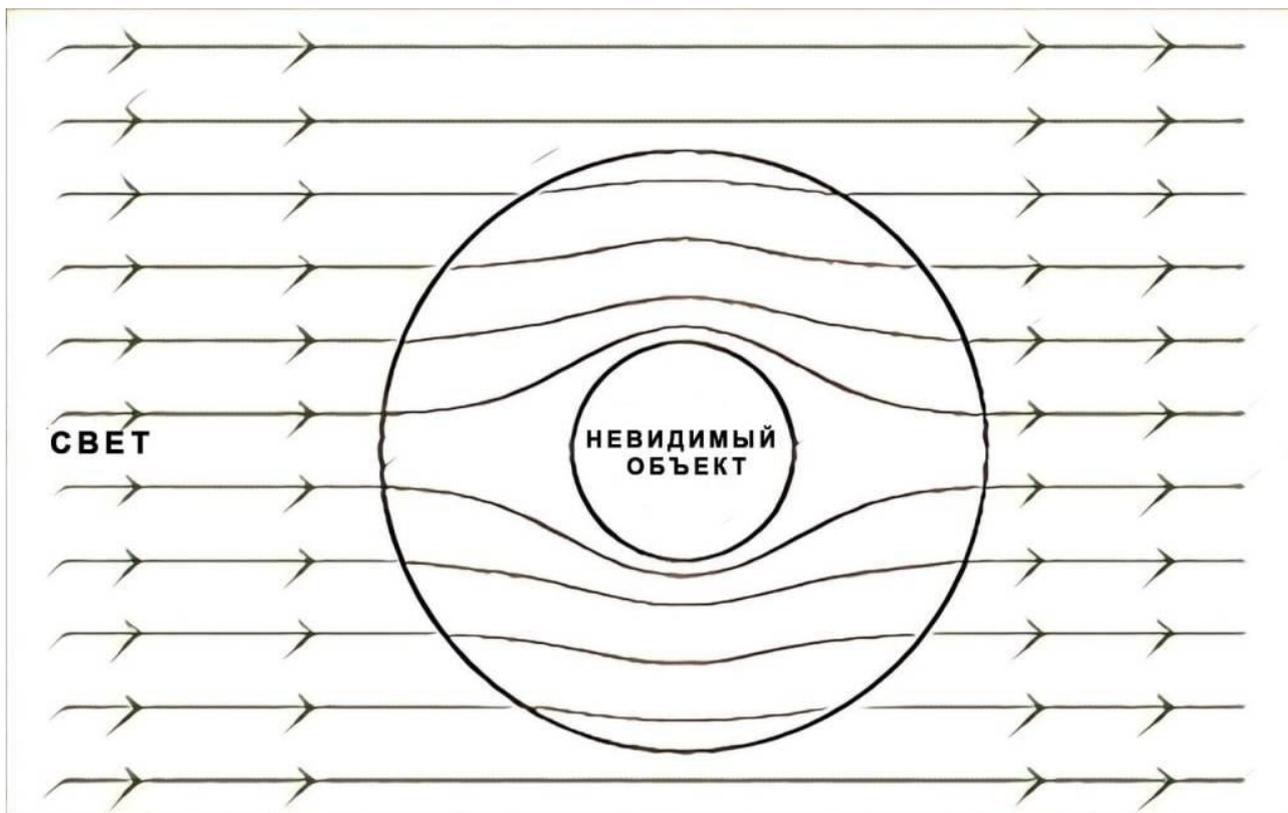


Рис. 8. Элементарная схема достижения невидимости

Опыт № 1 для элементарной схемы достижения невидимости.

Положим кусок обыкновенного стекла в воду



Стекла почти совсем не видно, потому что свет, переходя из воды в стекло, преломляется и отражается очень слабо, и вообще не подвергается почти никакому воздействию. Иными словами, чтобы сделать тело человека невидимым, нужно уменьшить показатель преломления (коэффициент преломления) его тканей (кожи, мышц, внутренних органов и костей) до показателя преломления (коэффициент преломления) воздуха. Ни физика, ни физиология сегодня не позволяют нам этого сделать: невидимые глаза не смогут улавливать свет, а для изменения оптических свойств тканей нужно так перестроить обмен веществ, что станет не понятно, как с этим жить.

Вывод из опыта № 1 – достичь элементарную схему достижения невидимости невозможно.

Одним из самых простых способов создания невидимости является использование системы линз, которые преломляют свет таким образом, чтобы между ними создавалась «слепая зона». Такие линзы для удобства изготовления получают методом лентичулярной печати.

Опыт № 2 с лентичулярными листами.

От любого другого отпечатка лентичулярный отличается наличием цилиндрического лентичуляра — через который рассматривается отпечатанное с его обратной стороны изображение. Лентичуляр представляет собой массив параллельных плоско-выпуклых цилиндрических линз («бороздок»), отпечатанный прессованием на листе прозрачного пластика. Одна сторона такого массива плоская, и на ней ведётся печать изображений, состоящих из узких полос, параллельных растру. Каждый такой отпечаток содержит два и более изображений, разбитых на узкие полосы, чередующиеся группами в строгом порядке. Расположенные над такими группами полос линзы увеличивают их в поперечном направлении и одновременно ограничивают угол видимости каждой полосы. В результате, каждое из изображений можно увидеть только с определённого направления, при отсутствии видимости других. За счёт поперечного оптического увеличения растра, элементарные полосы сливаются в сплошные изображения.

Поверхность лентичулярного листа в горизонтальном положении выглядит следующим образом (с узкими полосками, параллельными растру)



Именно в местах, где свет должен был проходить, но не проходит, и возникает невидимая область.



Вывод из опыта № 2 – лентиккулярные листы не позволяют достичь полноценного эффекта невидимости, в том числе в движении (динамике). Если лентиккулярные листы положить, а не поставить, например, «слепая зона» отсутствует. В вертикальном положении видимость объекта существенно затруднена, но полностью не скрыта.

Канадская компания Hyperstealth Biotechnology [10, эл. ресурс] занимается разработкой средств маскировки для военных. В 2019 году она запатентовала необычный материал, который позволяет делать практически неразличимыми объекты, находящиеся за ним (рис. 9).



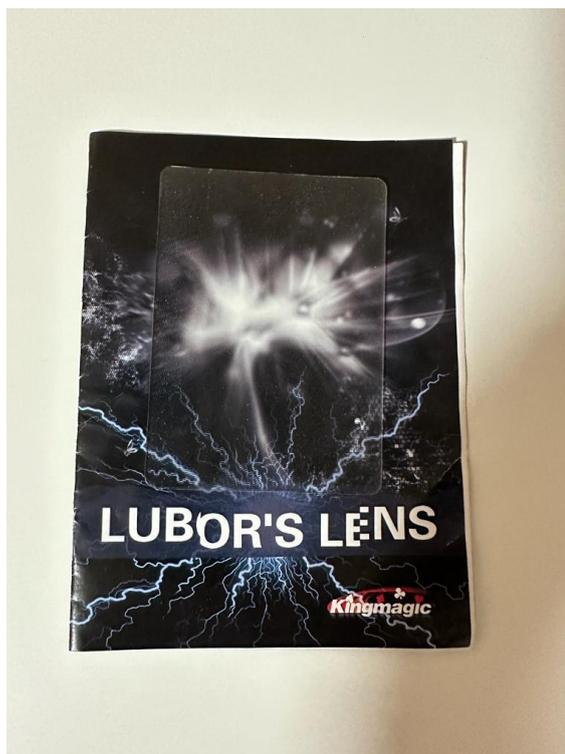
Рис. 9. Иллюстрация неразличимости военных объектов Hyperstealth Biotechnology в движении (динамике), в том числе с воздуха

Технология создана благодаря технологии лентиккулярного растра. Проходя через материал, свет преломляется так, что видны только объекты, которые расположены вплотную к завесе и очень далеко от неё, а то что посередине остаётся незаметным размытым пятном.

С лентиккулярным растром многие знакомы, ведь именно благодаря ему работают картинки-переливайки, когда на одной плоскости видны разные изображения в зависимости от угла обзора.

Опыт № 3 с лентичулярным растром.

Возьмем лентичулярный растр из Kingmagic



Сделаем все необходимые и достаточные действия с Kingmagic



При определенном использовании завесы - лентиккулярного растра шариковая ручка на руке становится невидимой. При этом эффект невидимости увеличивается тем, что на месте шариковой ручки видны пальцы руки.

Вывод из опыта № 3 - технология всё ещё слаборазвита, т.к. эффект срабатывает только если располагаться на нужном расстоянии за завесой, а наблюдатель должен находиться под прямым углом по отношению к ней.

Элементарная схема достижения невидимости (см. рис. 8) доработана в 2000, 2001, 2006 годах на основе трудов российского физика В.Г. Веселаго Дэвидом Смитом, Шелдоном Шульцом, Ричардом Шелби, Дэвидом Шуригом, Джоном Пендри [11,12]. В 2000 году Дэвидом Смитом был создан первый материал со свойствами, описанными В.Г. Веселаго, с отрицательным показателем преломления. С этого момента стало активно развиваться направление физики, изучающее искусственные структуры, получившие название метаматериалы.

Свойства метаматериалов, а, следовательно, свойства невидимости здесь определяются особенностями конструкции, а не химическим составом. Простейшим примером метаматериала служит металлическая сетка. Свойство пропускать свет не зависит от металла, из которого она изготовлена. С этого и начал Дэвид Смит. Он взял листы медной сетки и расположил их в несколько слоев. Он даже не использовал нанотехнологии – размер ячеек был чуть больше 2,5 миллиметра. Выбрав ячейки должным образом, Смит добился того, что этот медный «пирог» стал для электромагнитных волн с частотой 10 гигагерц материалом с отрицательным коэффициентом преломления.

Профессору калифорнийского университета в Беркли Чжан Сяну удалось создать настоящую невидимую ткань. Доказательством тому стал, нашумевший в социальных сетях ролик, где показано на практике, как работает это изобретение. Прозрачная мантия из квантового материала полностью делает невидимым человека. Некоторые утверждают, что такой плащ-невидимка уже нашел применение для экипировки военных в китайской армии. Скептики же, ищут подвох в кадрах видеоролика.

Мы визуально повторили и прочувствовали эффект невидимости с

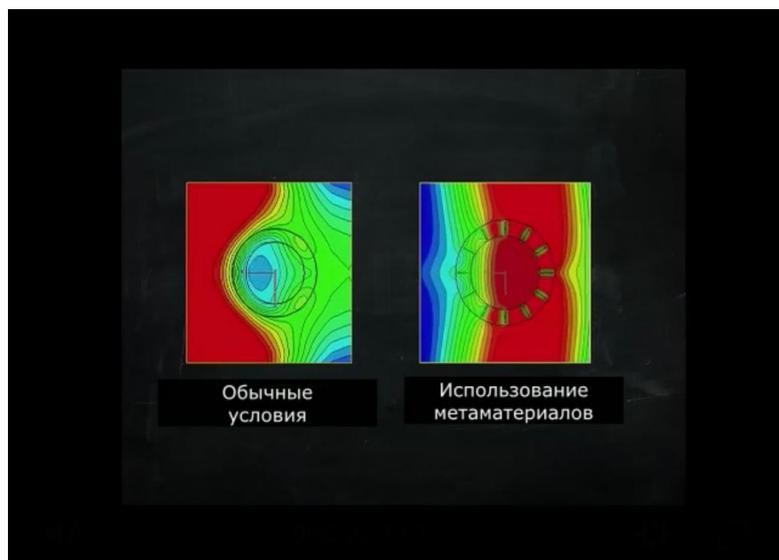
использованием специального материала, мантии Гарри Поттера в домашних условиях.

Опыт № 4 с «метаматериалом» мантии Гарри Поттера.



Ссылка на видео с опытом № 5 <https://disk.yandex.ru/i/XR9JCEVgTSBlag>

Ссылка на видео доработанной элементарной схемы достижения невидимости с метаматериалами <https://disk.yandex.ru/i/kzRlpFIjVOnQw>



Вывод из опыта № 4 – визуальный эффект невидимости достигается с использованием технологии совмещения двух и более изображений или кадров в одной композиции. Осуществляется цветовая электронная рирпроекция (обработка) с использованием мобильного приложения на смартфоне. Мобильное приложение распознает плащ посредством специального идентификатора (кода) на плаще.

В реальных условиях мантия, метаматериал невидим для человеческого глаза, так как имеет свойство обводить световые лучи вокруг объекта, на который надет плащ-невидимка из него. Более того, живой объект становится невидим для тепловизоров и приборов ночного видения в диапазоне электромагнитных волн (см. рис. 6). Данные разработки не попали в широкое производство. Оптический камуфляж, камуфляжные униформы, плащи-невидимки предназначены исключительно для военных.

Метаматериал обладает свойствами, не встречающимися в природе, — например, отрицательный коэффициент преломления света или сверхсильная локализация полей. Приставка «мета» переводится с греческого как «вне», «за пределами», в т.н. «левой среде» Веселаго.

По другому принципу разработан плащ-невидимка, серийный прототип которого создали для военных морских пехотинцев ученые университета Дьюка. В основе ткани этих изделий содержится белок рефлектин, присутствующий у морских обитателей – кальмаров, осьминогов. Именно он позволяет этим существам маскироваться. Рефлектин умеет подстраиваться под лучи света разной длины и преломлять их особым образом, делая объект невидимым.

Архитектурное бюро GDS строит в Сеуле невидимый небоскреб Infinity. В высоту это здание будет достигать 450 м. Для строительства его создатели используют бетон и стекло, а невидимости планируют добиться за счет использования оптических видеокамер и дисплеев на фасаде. Камеры будут снимать то, что находится позади небоскреба, и транслировать изображение на его стены. Это создаст впечатление, что смотрящий видит сквозь здание, а то и вовсе не видит его. Чтобы дисплеи смогли точнее отображать пейзаж, у Infinity будет три вертикальные секции, каждая с шестью сторонами. Правда, по углам, на стыке дисплеев, небоскреб

все равно будет выглядеть заметным. До тех пор, пока не появятся мягкие дисплеи достаточной прочности, устранить эту техническую проблему не получится (рис.10).



Рис. 10. Невидимый небоскреб Infinity в Сеуле (проект)

Свойства метаматериалов определяют свойства невидимости не только в оптическом диапазоне, диапазоне электромагнитных волн, но и в диапазоне сейсмических волн.

Ученые возлагают большие надежды на создание структур, которые могли бы «маскировать» важные сооружения от сейсмических волн при землетрясениях. Эксперименты группы исследователей из Института Френеля и Университета Экс-Марсель показали, что размещение в грунте нескольких регулярных рядов пустотелых цилиндров преломляет и отражает сейсмические волны (рис. 11).

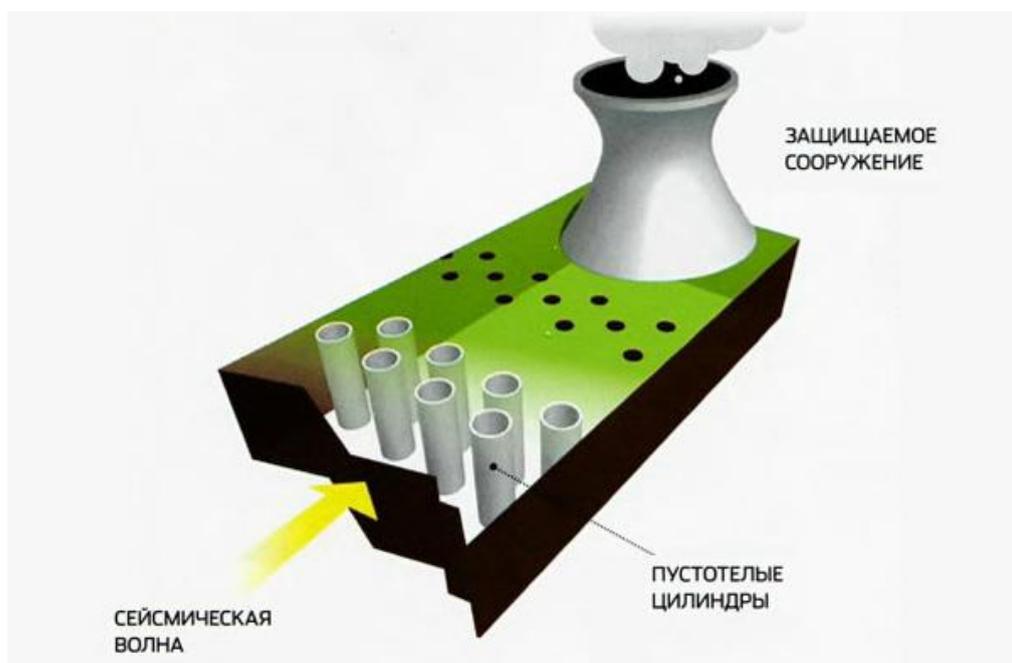


Рис. 11. Защита сооружений с использованием метаматериалов невидимости от землетрясений (проект)

Сотрудники Университета Мэриленда создали практичный «свитер-невидимку». Его использовали, чтобы проверить системы машинного обучения на наличие уязвимостей. Принт с размытым изображением обманывает модели систем искусственного интеллекта (СИИ). В итоге, обладатель свитера может скрыться от искусственного интеллекта. Специальный паттерн для состязаний сгенерировали, используя большой набор обучающих изображений. Каждый раз, когда система обнаруживала человека, данные пересматривали, чтобы увидеть, насколько шаблон снижает оценку объекта. В конечном итоге, «состязательный» паттерн улучшили до такой степени, что он, в основном, препятствует распознаванию людей (рис. 12).

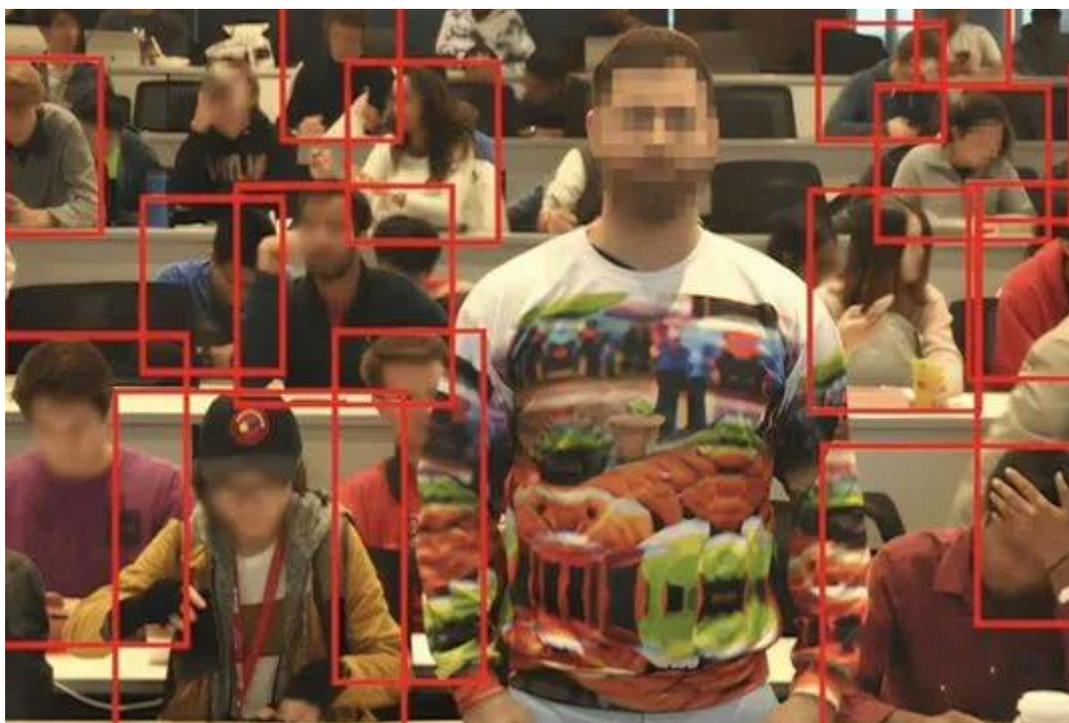


Рис. 12. «Свитер-невидимка»

Российский профессор Владимир Шалаев объявил, что группа под его руководством создала технологию, которая теоретически позволяет делать предметы невидимыми. Как сообщил сам Владимир Шалаев, опубликованная им научная работа приближает возможность делать невидимыми предметы благодаря использованию нанотехнологий, но до применения устройств на практике пока ещё не дошло.

Владимир Шалаев следующим образом объясняет суть технологии:

«Представьте полый цилиндр с дыркой внутри и наноскопическими иглками определенного размера, вставленными в стенки цилиндра. Если в этот цилиндр спрятать какой-то объект, то этот объект и сам цилиндр будут невидимы. Взаимодействие цилиндра со светом будет происходить таким образом, что свет не будет рассеиваться, не будет отражаться, не будет проникать внутрь цилиндра, а будет рассеиваться вокруг него — наподобие того, как речная вода огибает опору моста».

В общих чертах эта идея была сформулирована в 2006 году и содержалась в двух статьях, опубликованных учеными в журнале Science. Группа Шалаева впервые предложила конкретный дизайн, позволяющий использовать эту технологию для видимого диапазона световых волн, которые улавливаются человеческим глазом.

Шалаев утверждает, что его идею теоретически возможно реализовать на практике. В настоящий момент ведется работа по созданию прототипа устройства:

«Видимый световой диапазон можно представить, как «смесь» разных цветов. То устройство, которое предлагаем мы, пока можно сделать только для одного цвета — например, только для зеленого или только для красного. Но мы пока не знаем точно, как сделать, чтобы объект был невидимым для всех цветов одновременно».

Владимир Шалаев указывает, что несколько лет назад была предложена ещё одна технология обретения невидимости, которая получила название «оптический камуфляж». Её суть заключается в следующем: человек надевает особый костюм, видеокамера снимает объекты за его спиной и проецирует изображение на экран, который находится на груди человека.

Следовательно, наблюдатель видит не человека, одетого в «плащ-невидимку», а лишь изображение местности за его спиной. Российский исследователь Владимир Шалаев считает, что это хорошее изобретение, но лишь «иллюзия» или «визуализация» невидимости, в отличие от изобретения его группы.

Таким образом свойства невидимости определяются:

- отрицательным показателем преломления света;
- особенностями конструкции метаматериалов;
- оптическими свойствами тканей на основе химических веществ;

- не только оптическим диапазоном, но и диапазоном электромагнитных и сейсмических волн;

- особенностями нанотехнологий.

Свойства невидимости являются стратегическими, перспективными технологиями и разработками долгосрочного периода, применимыми в первую очередь:

- в военной сфере (маскировка, защита огневых позиций, средства ведения боя и др.);

- в сфере обеспечения безопасности объектов критической инфраструктуры (защита объектов топливно-энергетического комплекса Российской Федерации от террористических взрывов и атак);

- в строительстве (защита от чрезвычайных ситуаций и природных катастроф);

- архитектурном дизайне;

- в технологиях VR/AR виртуальной и дополненной реальности;

- в информационной безопасности, в том числе с применением систем искусственного интеллекта (СИИ).

В исследовании свойств невидимости и получении знаний о свойствах невидимости дискурсивным является применение комплексного подхода, ориентированного не только на биологическое значение органа зрения, но и на стык физических, военных, сейсмических, технических и юридических наук. В противном случае современные знания о свойствах невидимости, их интерпретация человеком в областях жизнедеятельности, приносящих неоспоримую пользу, создают риски возможного причинения вреда и угрозы национальной безопасности.

Отечественные разработки свойств невидимости в настоящий момент способны внести весомый вклад в обеспечение технологического суверенитета Российской Федерации.

Заключение

Посредством применения методов системного подхода, анализа, синтеза, эмпирических методов:

- исследованы свойства невидимости на основе научных открытий XX и XXI веков, отечественных и зарубежных инновационных методов исследований, решений, образцов и изделий;

- определены свойства невидимости в неразрывной связи биологического значения органа зрения человека и световых явлений на фоне существования не только оптического диапазона, но и других диапазонов волн, технологического прогресса, развития оптики материалов, биотехнологий, метаматериалов, информационно-коммуникационных технологий и искусственного интеллекта;

- проведены практические опыты со стеклом в стакане воды, линтикулярными листами, линтикулярным растром, «метаматериалом», плащом Гарри Поттера (визуализация) и сделаны соответствующие исследовательские выводы;

- проанализированы возможности причинения реального и потенциального вреда знаниями о свойствах невидимости в части применения невидимой одежды для препятствий распознавания людей, достоверной биометрической идентификации личности системами искусственного интеллекта;

- сделан вывод о необходимости применения комплексного подхода, ориентированного на стык наук (физических, военных, сейсмических, технических и юридических), в исследовании свойств невидимости и получении знаний о свойствах невидимости с последующей интерпретацией их человеком в различных областях своей жизнедеятельности.

Таким образом, взаимосвязь глаза человека со световыми явлениями является важным условием для восприятия невидимости в окружающем мире.

Список литературы:

1. Лев Успенский, Всеволод Успенский. Мифы Древней Греции. Двенадцать подвигов Геракла. – М.: Стрекоза-Пресс, 2005. - 224 с.
2. Вадим Ильин. Люди-феномены. – Спб.: АСТ, Астрель-СПб, 2007. – 416 с.
3. Дмитрий Мамонтов. Из чего можно сделать шапку-невидимку? // Популярная механика. – 2015. - № 3. – С. 20-26.
4. Ожегов С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. – 4-е изд., доп. – Москва: Азбуковник, 2000. – 940 с.
5. Белоконева О. Почему мир разноцветный? // Журнал «Наука и жизнь». – 2015. - №10. – С.9-11.
6. Чудинова Е.В. Окружающий мир: учебник для учащихся 4 класса в 2 –х частях: часть 1. – М.: Вита – Пресс, 2013. – 143с.
7. Вайткене, Л.Д. Все-все-все о физике / Л.Д. Вайткене, А.А. Спектор. – Москва: Издательство АСТ, 2018. – 162 с.
8. Щербак, В., Энциклопедия Где? Кто? Почему? – Ростов-на-дону: Издательский дом «Проф-Пресс», 2019. – 96с.
9. Каку Митио. Невидимость // Физика невозможного / Переводчик: Лисова Наталия. — М.: Альпина нон-фикшн, 2016. — 456 с.
10. Официальный сайт Hyperstealth // Quantum Stealth – Режим доступа: <https://www.hyperstealth.com/>.
11. Шелби Р. А.; Смит Д.Р.; Шульц С. (2001). "Экспериментальная проверка отрицательного показателя преломления". Наука. 292 (5514): 77–79. Бискод: 2001Sci...292...77S. Цитируемый 10.1.1.119.1617. doi:10.1126/science.1058847. PMID 11292865. S2CID 9321456.
12. Пендри, Дж.Б.; Шуриг, Д.; Смит, Д. Р. (2006). "Управление электромагнитными полями" (PDF). Наука. 312 (5514): 1780-1782. Bibcode:2006Sci...312.1780P. doi:10.1126/science.1125907. PMID 16728597. S2CID 7967675.