

**Проект**  
**на тему:**  
**«Взгляд на зрение с точки зрения биологии и физики»**

**Автор работы:**

Сотников Алексей Леонидович

МБОУ «Гимназия №11 г. Ельца» 10 «А» класс

**Научный руководитель:**

Кузина Маргарита Викторовна

## Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>I. Литературный обзор .....</b>	<b>5</b>
1.1. Эволюция человеческого глаза.....	5
1.2. Основы биофизики зрения .....	6
<b>II. Практическая часть .....</b>	<b>8</b>
<b>Заключение.....</b>	<b>11</b>
<b>Литература.....</b>	<b>12</b>

## Введение

**Актуальность исследования.** Зрительный анализатор человека сформировался в результате биологической эволюции всего живого на Земле. Способностью воспринимать свет обладают все организмы: растения поворачивают листья к свету; микроорганизмы активно двигаются либо к источнику света, либо от него; насекомые летят к цветам только определенной окраски; коршуны замечают добычу на земле с высоты несколько километров, а кошки прекрасно видят в темноте. Какие именно лучи воспринимает глаз разных животных? Как происходит преломление света, и каким образом можно корректировать зрение?

Биологи изучают жизнь в ее разнообразии и сложности. Они описывают, как организмы получают тепло, взаимодействуют, ощущают. Физики – изучают математические законы природы, предсказывают, какие силы управляют физическими системами. Сокращение дистанции между сложностью жизни и простотой физических законов является главной проблемой биофизики. Биофизики ищут физические и математические принципы, которые описывают богатое многообразие биологических явлений.

Используя эти принципы можно понять механизмы биологических процессов, и предсказать поведение биосистемы в определенных условиях. Живое существо не имеет более верного и надежного помощника, чем глаз. Видеть – значит различать окружающее во всех подробностях, значит различать опасность. Другие органы чувств выполняют то же, но грубее и слабее.

Поэтому ставим перед собой **основополагающий вопрос:** Как строение глаза влияет на световое восприятие? И на основе этого перед нами появляются следующие **проблемные вопросы:** Какие именно лучи воспринимает глаз разных животных? Как происходит преломление света, и каким образом можно корректировать зрение?

Таким образом, **тема нашего исследования** «Взгляд на зрение с точки зрения биологии и физики».

**Цель исследования.** Объяснить механизмы зрительного восприятия у живых организмов с точки зрения физических закономерностей.

В соответствии с целью выделена **гипотеза исследования** – как строение глаза влияет на световое восприятие.

Поставлены **задачи исследования:**

- изучить литературу по теме;
- познакомиться с этапами формирования зрения у живых организмов в процессе эволюции;
- рассмотреть физические закономерности светового восприятия;
- доказать взаимосвязь зрительного чувства и физических явлений.

**Ожидаемые результаты.**

- Изучить «глаза» разных живых существ с точки зрения биологии.
- Изучить «глаза» разных живых существ с точки зрения физики.
- Сравнить свойства «глаз» разных живых существ.
- Ответить на все вопросы, которые были заданы в проекте.
- Создать презентацию.

# **I. Литературный обзор**

## **1.1. Эволюция человеческого глаза**

Человеческий глаз способен видеть при освещении в несколько фотонов и при прямом солнечном свете. Он способен фокусироваться с монитора экрана телефона на объекты линии горизонта всего за треть секунды. Структуры такой функционирующей системы считались настолько сложными, что многие ученые (даже Чарльз Дарвин) считали теорию эволюции глаза абсурдной. И всё же глаз эволюционировал.

Эволюция человеческого глаза началась более 500 000 000 лет назад. Именно тогда началось развитие светочувствительного пятна - стигмы, состоящего из нескольких клеток у простейших организмов, таких как эвглена зеленая или хламидомонада. Глазок состоит из основного белкового вещества, образующего тонкую сеть, в петлях которой расположены красные жировые шарики, окрашенные пигментом.

Стигма подобие светособирающей линзы, которая направляет некоторые лучи на основание жгутика и этим сообщает ему известную чувствительность к свету. Таким образом, пятно помогает отличать свет от тьмы.

Более сложную организацию этого глазка можно обнаружить у Белой планарии – представителя типа Плоские черви. У этих ресничных червей появляется уже два пятна, и каждое из них содержит тысячи фоточувствительных клеток. Эти пятна не плоские, а чашевидные, что позволяет точнее определять источник освещения.

Для того чтобы пигментное пятно могло не только регистрировать свет, но и определять его направление, орган зрения приобрел объем. Пигментная ямка уже позволяла ориентироваться в пространстве при помощи света, но чем глубже она становилась, и чем уже было выходящее наружу отверстие, тем точнее получалась картинка изменения освещенности.

Из ямки получалась настоящая камера обскура. Далее в процессе эволюции появились глазные мышцы, позволяющие влиять на положение глазного яблока. Имея монолитный орган из светочувствительных клеток, стекловидного тела, хрусталика и роговицы, а также имея способность вращать глазами, животные получали эволюционное преимущество и чаще выживали, закрепляя свои способности и передавая потомкам зачатки мускулатуры, управляющей глазом.

И всё же настоящая эволюция зрения началась с появлением линзы-хрусталика, способной фокусировать световые лучи, когда зрение обретает резкость и остроту. Глаз оказывается настолько совершенным органом, что природе понадобилось изобрести его дважды, отдельно для беспозвоночных и для позвоночных. Есть также третий, фасеточный глаз. Он более сложный и состоит из множества омматидиев (отдельных глазков). Этим глазом обладают Членистоногие – насекомые и ракообразные.

## 1.2. Основы биофизики зрения

Принципы работы объясняет раздел физики – оптика, которая изучает природу и свойства света, процессы его излучения и распространения, взаимодействие света с веществом. Видимый свет — это электромагнитное излучение в диапазоне длин волн от 400 до 760 нм. Уникальность этого диапазона заключается в том, что он является главным источником информации для человека. Для того чтобы понять, почему именно линза стала ключевым моментом эволюции глаза, рассмотрим ее возможности.

Линзой называется прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими (или плоской и сферической) поверхностями и по показателю преломления отличающееся от окружающей среды. Линза называется тонкой, если ее толщина мала по сравнению с радиусами кривизны ее поверхностей. Прямая  $O_1-O_2$ , проходящая через центры кривизны

поверхностей линзы, называется главной оптической осью. Для всякой линзы существует точка  $O$ , называемая оптическим центром линзы. Любая прямая, проходящая через оптический центр, называется оптической осью линзы. Лучи света, идущие вдоль оптических осей линзы, т. е. проходящие через ее центр, не преломляются.

Если луч света идет не вдоль оптической оси, то после прохождения линзы он изменяет свое направление, т.е. преломляется линзой.

Если на линзу падает параллельный пучок света и после прохождения линзы он сходится в одной точке  $F$ , то линзу называют собирающей, а точку  $F$  — действительным фокусом линзы. Если же параллельный пучок света после прохождения линзы расходится так, что кажется исходящим из одной точки, то линза называется рассеивающей, а точка  $F$  — мнимым фокусом линзы.

Фокус линзы, лежащий на главной оптической оси, называется главным фокусом линзы, а все остальные ее фокусы (лежащие на других оптических осях) — побочными. Все фокусы линзы лежат в одной плоскости, которая называется фокальной плоскостью линзы.

Изображение, которое создается линзой, можно получить исходя из следующих законов геометрической оптики:

1. Свет, проходящий через линзу по любой из оптических осей, проходит через нее без преломления.
2. Свет, проходящий через линзу параллельно любой из оптических осей, собирается в точке пересечения этой оптической оси и плоскости, перпендикулярной главной оптической оси и расположенной на фокусном расстоянии от линзы.
3. Свет от объекта распространяется во всех направлениях.
4. Каждой точке объекта соответствует одна и только одна точка изображения.

## II. Практическая часть

Острота зрения – это способность глаза воспринимать две точки, расположенные на минимальном расстоянии друг от друга, как отдельные. Она зависит от анатомо-физиологических свойств сетчатки, то есть от размеров колбочек (фоторецепторов) - чем меньше диаметр колбочек, тем больше острота зрения, а также от рефракции глаза, и светопреломляющего аппарата – ширины зрачка, прозрачности роговицы, хрусталика и стекловидного тела.

Угол зрения – универсальная основа для выражения остроты зрения. Предел чувствительности глаза большинства людей в норме равен 1. У человека для определения остроты зрения используют таблицу Головина-Сивцева, содержащую буквы, цифры или знаки различной величины. У животных остроту зрения определяют с помощью поведенческого теста и электроретинографии.

Проанализировав литературу, мы сравнили остроту зрения некоторых животных (табл.1).

**Таблица 1**

### Острота зрения животных

Животное	Расстояние видения животного (м)	Норма для человека (м)
орел	6	1,5
сокол	6	2,4
человек	6	6
лошадь	6	9
голубь	6	15
собака	6	15
кошка	6	30
кролик	6	60
корова	6	138
слон	6	288
мышь	6	360



Таким образом, самое острое зрение у орла, затем в порядке убывания: сокол, человек, лошадь, голубь, собака, кошка, кролик, корова, слон, мышь.

Цветовое зрение - это восприятие цветового многообразия окружающего мира. Вся световая часть электромагнитных волн создает цветовую гамму с постепенным переходом от красного до фиолетового (цветовой спектр). Осуществляется цветовое зрение колбочками. В сетчатке глаза человека есть три вида колбочек:

- первый воспринимает длинноволновые цвета – красный и оранжевый;
- второй тип лучше воспринимает средневолновые цвета – жёлтый и зелёный;
- третий тип колбочек отвечает за коротковолновые цвета – синий и фиолетовый.

Трихромазия - восприятие всех трех цветов. Дихромазия - восприятие только двух цветов. Монохромазия - восприятие только одного цвета.

Как воспринимают цвет животные (табл. 2)?

**Таблица 2**

**Восприятие цвета животными**

<b>Вид животного</b>	<b>Короткая длина волны, нм</b>	<b>Средняя длина волны, нм</b>
Собака	454	561
Кошка	429-435	555
Лошадь	428	539
Птицы	430	530
Мыши	359	510

Цветовое зрение собак: являются дихроматами, т.е. колбочки, отвечающие за красный цвет, отсутствуют, воспринимают сине-фиолетовый и жёлто-зелёный диапазон цветов видят до 40 оттенков серого цвета.

Цветовое зрение кошек: являются трихроматами, но их восприятие цвета отличается от человеческого, зрение кошки подобно зрению

дальтоники (воспринимают оттенки синего и зеленого, но красный может быть неясным и выглядеть, как зеленый, в то время как фиолетовый похож на оттенки синего), не воспринимают разнообразие оттенков и насыщенность цветов

Цветовое зрение лошади: являются дихроматами (колбочки, отвечающие за красный цвет-длина волны 539 нм воспринимают голубой, зеленый (428 нм) и начальный спектр оранжевого цвета(539 нм).

Цветовое зрение птиц: являются трихроматами; воспринимают спектр ультрафиолетового излучения; сине-зеленый(430нм); желто-красный(530нм).

Цветовое зрение мышей (крыс): являются дихроматами; воспринимают ультрафиолетовую часть спектра (359 нм) и зеленые цвета (510 нм).

## Заключение

Таким образом, предложенная мною гипотеза оказалась верна, так как в процессе исследования, я доказал, что строение глаза влияет на световое восприятие. Зрительный анализатор человека сформировался в результате биологической эволюции всего живого на Земле.

Способностью воспринимать свет обладают все организмы: растения поворачивают листья к свету; микроорганизмы активно двигаются либо к источнику света, либо от него; насекомые летят к цветам только определенной окраски; коршуны замечают добычу на земле с высоты несколько километров, а кошки прекрасно видят в темноте.

## Литература

1. Владимиров, Ю.А. Физико-химические основы фотобиологических процессов/ Ю. А. Владимиров, А. Я. Потапенко. М.: Дрофа, 2006. - 285 с.
2. Волькенштейн, М.В. Биофизика/ М.В. Волькенштейн. М.: Наука, 1981.-575 с.
3. Луизов, А. В. Глаз и свет/ А.В. Луизов. Л.: Энергоатомиздат, 1983. - 144 с.
4. Мир глазами животных. URL: <https://www.oculusvet.ru/article/mir-glazami-zhivotnykh/> (дата обращения 20.04.2020)
5. Недзведь, О.В., Лещенко, В.Г. Оптика глаза. Основы биофизики зрения, учебно-методическое пособие, Минск БГМУ, 2008, - с. 34.
6. Островский, М. А. Зрительная рецепция — проблемы на стыке наук / М. А. Островский // Наука в СССР. 1981. № 1.- С. 71-76.