

ОПТИЧЕСКИЕ ИЛЛЮЗИИ: СТЕРЕОГРАММЫ

Сажина М.А.

г. Дзержинск, МБОУ «Средняя школа № 7 с углубленным изучением отдельных предметов»,
10 «Б» класс

Руководитель: Селихова Н.В., г. Дзержинск, МБОУ «Средняя школа № 7 с углубленным изучением
отдельных предметов», учитель биологии высшей категории

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте VII Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://school-science.ru/7/1/40625>.

Зрение – важнейший механизм восприятия окружающего мира. Но насколько достоверна зрительная информация? Как любая сложная система, оптический аппарат человека подвержен ошибкам – глаза начинают видеть несуществующий объем, движение предметов при их статичности и другие явления, не соответствующие действительности.

Стерео-иллюзии заинтересовали меня с детства. Когда мне удалось разглядеть первую зашифрованную картинку, я поставила перед собой цель более подробно изучить таинственные стереограммы. Я стала искать литературу о зрительных иллюзиях, в частности, о стереограммах. Но ее оказалось не так много, как я ожидала.

В настоящее время технологии позволяют создать стереограммы самостоятельно. Для меня наиболее удобной оказалась программа «Easy Stereogram Builder», результаты ее использования я презентую в своей работе.

Планируя в будущем работать в офтальмологии, я решила проанализировать, какое влияние оказывает просмотр стереограмм на зрительный аппарат человека, приносят ли они пользу в гигиеническом направлении офтальмологии, можно ли их использовать в качестве дополнительного метода сохранения зрения и расслабления глаз. Также мне представилась возможность работы с различными цветами при создании стереограмм, что интересно для меня, как для ученицы художественной школы.

Цель: изучение стерео-иллюзий и работы органа зрения при их воздействии; создание стереограмм для тренировки аккомодации.

Задачи:

1. Проанализировать литературные данные о зрительном анализаторе и оптических иллюзиях;
2. Изучить принцип создания стереографического изображения;

3. Создать собственные стереограммы и изучить их зрительное восприятие и практическое значение;

4. Зафиксировать полученную информацию и сделать выводы.

1. Строение органа зрения человека

1.1. Строение органа зрения

Зрительный анализатор составляют три части (Приложение 1, рис. 1):

1. Периферическая (воспринимающая) – глазное яблоко и его придатки
2. Проводниковая – зрительный нерв
3. Центральная, которая включает в себя подкорковые центры и высшие зрительные центры в затылочных долях коры больших полушарий.

Периферическая часть зрительного анализатора имеет относительно простое макроанатомическое строение (Приложение 1, рис. 2.). Глазное яблоко (лат. *bulbus oculi*) состоит из трех оболочек: наружной (фиброзной), средней (сосудистой) и внутренней (сетчатки) [8, с. 21].

Наружная оболочка глаза (лат. *tunica fibrosa oculi*) поддерживает постоянство его формы, защищает от повреждений. Делится на два отдела – роговицу и склеру.

Средняя оболочка глаза (лат. *tractus uveus*):

Радужка (лат. *iris*) – передний отдел сосудистой оболочки, тонкая пластинка с центральным круглым отверстием – зрачком, которое регулирует количество световых лучей, поступающих в глаз.

Ресничное тело (лат. *corpus ciliare*) – замкнутое кольцо вокруг радужки, питающее ее. В его дальних слоях расположена ресничная мышца, изменяющая кривизну хрусталика, аккомодация – способность глаза фокусировать изображение увиденного на сетчатке независимо от расстояния, на котором находится объект.

Хориоидея (лат. *tunica chorioidea*) – задний отдел сосудистой оболочки глаза. Вза-

имодействует с сетчаткой в процессе зрения и питает ее.

Внутренняя оболочка глаза (лат. retina) включает в себя сетчатку. На ней находятся светочувствительные пигменты – палочки и колбочки (Приложение 1, рис. 3.). Из сетчатки выходит зрительный нерв. Место его – слепое пятно. Рядом с ним есть желтое пятно – область наилучшего видения глаза.

Внутреннее ядро глаза

Внутри глаза – совокупность прозрачных светопреломляющих сред: стекловидного тела, хрусталика и водянистой влаги передней и задней камеры.

1.2. Оптика глаза

В оптической системе глаза есть светопроводящий отдел (роговица, передняя камера, хрусталик и стекловидное тело) и светоприносяющий (сетчатка). Каждая из сред проводящего отдела преломляет луч, и на сетчатку глаза проецируется действительное, но перевернутое и уменьшенное изображение (Приложение 1, рис. 4).

1.3. Механизм зрительного акта и цветоощущение глаза

С помощью роговицы и хрусталика на сетчатке образуется действительное перевернутое изображение.

Под действием света в фоторецепторах сетчатки (палочках и колбочках) энергия света переходит в нервные импульсы.

Затем импульсы идут по нервным волокнам к зрительным центрам коры головного мозга, где их энергия трансформируется в зрительное ощущение [6, с. 68].

В 1868 году Шульце высказал предположение о двойственной природе зрения. Действительно, палочки обладают высокой фоточувствительностью, но не передают цвет, а колбочки отвечают за цветное зрение, но работают только при хорошем освещении.

Ощущение света и цвета возникает в глазу при воздействии на сетчатку электромагнитных колебаний в видимой части спектра. Восприятие глазом цветового тона зависит от длины световой волны.

Цвета бывают [2, с. 13]:

- длинноволновые (красный и оранжевый);
- средневолновые (желтый и зеленый);
- коротковолновые (голубой, синий, фиолетовый).

Все цвета делятся на ахроматические (белый, серый и черный) и хроматические (все оттенки цветного спектра) (см. Приложение 1, рис. 5). Ахроматические цвета характеризует только яркость, хроматические – цветовой тон, насыщенность и яр-

кость [1, с. 7]. Все цветовые оттенки получаются смешиванием основных цветов: синего, зеленого и красного [12, с. 125] (Приложение 1, рис. 6.).

По трехкомпонентной теории цветового зрения, выдвинутой Ломоносовым, в зрительном анализаторе есть 3 вида цветоощущающих компонентов, обладающих разной реакцией на свет различной длины волны [6, с. 72]. При равномерном возбуждении всех типов образуется белый цвет, а при отсутствии раздражения – черный.

1.4. Стереоскопическое зрение

Стереоскопическое зрение – способность видеть четкое и объемное изображение, достигаемая наличием двух глаз. У человека каждый глаз имеет свое поле зрения, значительно перекрывающееся с другим, поэтому он может определять расстояние до предметов, степень выпуклости и вогнутости их форм, что невозможно при монокулярном зрении (Приложение 1, рис. 7.).

2. Оптические иллюзии

2.1. Характеристика и классификация зрительных иллюзий

Оптическая иллюзия – ошибка зрительного восприятия вследствие неточной и неосознаваемой обработки зрительного образа.

Р. Грегори выделил три группы оптических иллюзий:

1. Вызванные физическими причинами. Они связаны со свойствами рассеяния и преломления света в разных физических средах (Приложение 2, рис. 1, 2). К физическим иллюзиям можно отнести радугу, «сломанную» ложку в стакане с водой, мираж луж на дороге.

2. Вызванные физиологическими причинами, связанные с оптической системой глаза (слепое пятно) и нейронными взаимодействиями сетчатки и мозга. Например, иллюзия «Стена в кафе»: на самом деле параллельные горизонтальные прямые кажутся расходящимися (Приложение 2, рис. 3).

3. Когнитивные, связанные с неадекватным использованием знаний о свойствах объектов реального мира. Например, иллюзии Мюллера-Лайера и Понцо обоснованы неправильным использованием признаков глубины и перспективы (Приложение 2, рис. 4, 5). Также к когнитивным относятся иллюзии-перевертыши (Приложение 2, рис. 7), иллюзия «вогнутого лица» (Приложение 2, рис. 6), иллюзорные контуры в треугольнике Канижа (Приложение 2, рис. 18) и иллюзия тени Адельсона (Приложение 2, рис. 9).

2.2. Стерео-иллюзии

В 1836 году было создано первое стереоизображение – стереопара. Ее составляли два изображения одного объекта с чуть разных ракурсов, отдельно для правого и левого глаза [14, с. 10]. Располагались они на 6 – 6,5 см друг от друга (среднее межзрачковое расстояние человека). При их просмотре было необходимо слегка скрещивать глаза (Приложение 2, рис. 10).

Спустя время Дэвид Брюстер увидел важную закономерность, что повторяющийся узор на обоях кажется объемным, так как его одинаковые фрагменты занимают сходное положение на сетчатке обоих глаз, и двойное изображение «сливается» в одинарное. При любой неравномерности размещения одинаковых изображений эти элементы кажутся более выступающими или отдаленными на фоне других. Благодаря этому наблюдению, произошло создание простейшей стереограммы – силуэтной (Приложение 2, рис. 11).

Позже были изобретены случайно-точечные автостереограммы (СТАСГ) изображения, состоящие из набора точек или идентичных фрагментов, при рассмотрении которых особым образом появляется ранее невидимое трехмерное изображение. Этот вид иллюзий открыли Кристофер Тайлер и Маурин Кларк в 1979 году на основе работ Брюстера и Белы Юлеса. Раньше для восприятия «спрятанной» картинке был нужен стереоскоп, т.к. без него людям пришлось бы разводить глаза в стороны, что невозможно. Но ученым хотелось создать стерео-иллюзию, воспринимаемую без приспособлений. Тайлер и Кларк использовали компьютерные технологии, совмещая фоновую текстуру из малых фрагментов и карту глубины, отвечающую за передачу объема. При этом расстояние между повторяющимися частями не превышало межзрачкового. Поэтому можно обойтись без стереоскопа.

Существуют два вида СТАСГ:

1. Метод параллельного взгляда (метод отклонения), когда глаза фокусируются за плоскостью изображения.

2. Метод перекрестного взгляда (метод схождения). Наблюдатель сводит глаза перед изображением.

СТАСГ нельзя строго отнести к определенному типу иллюзий по Грегори. Распознавание фигуры требует от человека определенной фокусировки глаз (физиологическая составляющая) [9, с. 12], но при этом важны и когнитивные механизмы. Об этом свидетельствуют следующие факты: при рассмотрении СТАСГ объект появляется неожиданно, восприятие СТАСГ тренируется со

временем, играет роль воображение человека [11, с. 15].

Стереограммы – сигнал мозгу о необходимости расшифровки информации, заключенной в них, поэтому визуально-информативными их можно назвать только косвенно: без правильного восприятия они не содержат в себе данных.

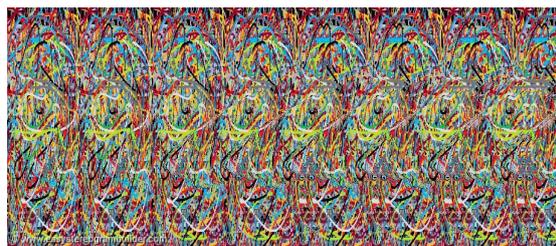
3. Экспериментальная часть

Цель: создание собственных стереограмм и изучение их зрительного восприятия.

Для создания стереограмм я выбрала редактор Easy Stereogram Builder из-за его удобного интерфейса и высокой скорости генерирования изображений. Я изготавливала случайно-точечные автостереограммы по методу Тайлера и Кларка, поскольку он наиболее современный и не требует особых приспособлений для рассмотрения изображений. Мною были осуществлены следующие стадии данного процесса: подбор фоновой текстуры, подбор карты глубины, их совмещение. Я решила исследовать качество восприятия одного и того же стереоизображения на разных фоновых текстурах.

Для оценки качества стереограмм я ввела три критерия их фона: степень разнообразия цветов, степень яркости цветов, размер повторяющихся элементов стереограммы. Был проведен опрос, в котором приняли участие 38 человек. В нем были задействованы члены семьи, одноклассники, учащиеся внешкольных учреждений и другие люди моего окружения. **Объектами** опроса стали стереограммы параллельного метода восприятия. Это связано с тем, что такие стереограммы чаще встречаются в литературных изданиях и в Интернете, а потому более привычны для людей. Испытуемые прошли следующий инструктаж о правильном восприятии параллельных стереограмм (Приложение 3). Испытуемым были предложены следующие стереограммы. В каждом критерии были представлены группы из трех стереограмм с разной степенью выраженностью указанного признака. Участники опроса должны были выбрать наиболее оптимальный образец.

Первый критерий



Образец № 1. Множество цветовых оттенков



Образец № 2. Средняя степень разнообразия цветов



Образец № 3. Высокая яркость изображения



Образец № 3. Низкая степень разнообразия цветов

Наблюдения: 50% опрошенных выбрали образец № 2, 31,6% – образец № 3, 18,4% – образец № 1 (Приложение 3).

Ощущения глаз при восприятии образцов:

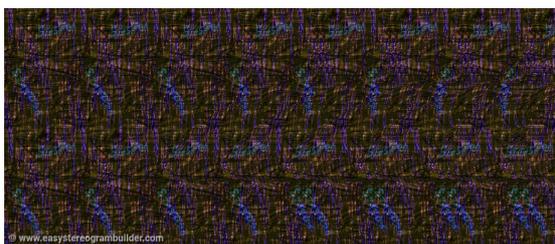
- Фигура образца № 1 имеет резкий контур, обилие цветов вызывает рябь в поле зрения, глаза начинают уставать;

- У изображения стереограммы № 2 плавный контур. Фокус держится долго и не сбивается, глаза расслабляются;

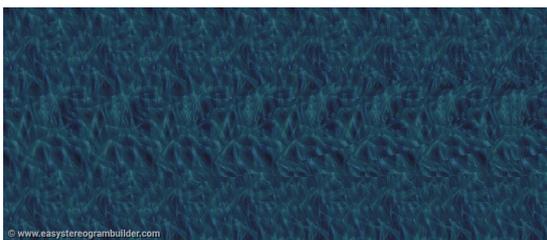
- В стереограмме № 3 сложно увидеть скрытое изображение. Чтобы картинка была более четкой, глаз пытается сфокусироваться иначе, но изменений не происходит. Это приводит к напряжению глаз.

Таким образом, предпочтительным оказался образец со средней степенью разнообразия цветов.

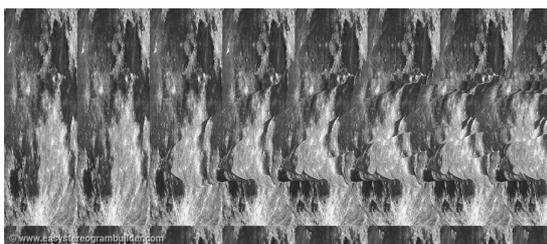
Второй критерий



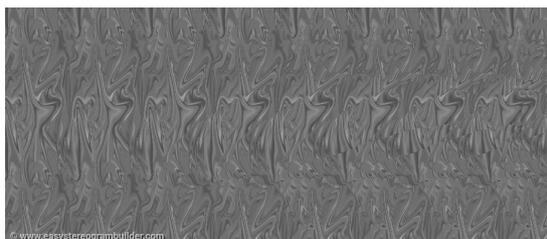
Образец № 1. Низкая яркость изображения



Образец № 2. Средняя яркость изображения



Образец № 1. Крупные элементы



Образец № 2. Средние элементы

Наблюдения: 42% участников опроса выбрали образец № 1, 34,3% – образец № 2, 23,7% – образец № 3 (Приложение 3).

Ощущения глаз при восприятии образцов:

- На темном фоне образца № 1 фигура различима. При ее просмотре глаза не устают;

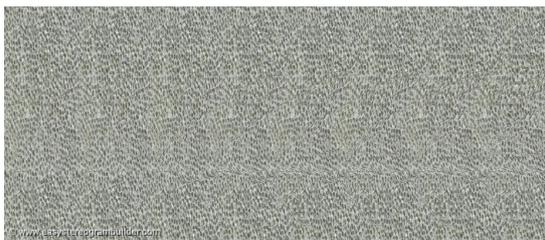
- При средней яркости стереограммы № 2 фигура также видна. Происходит снятие напряжения глаз;

- Высокая яркость позволяет лучше рассмотреть фигуру, ее контуры четкие, но глаза постепенно устают.

Таким образом, в отличие от первого критерия, в этой части опроса не наблюдается таких резких различий во мнениях. Следовательно, оптимальная яркость стереограммы – более субъективный критерий.

Третий критерий

Здесь были использованы ахроматические цвета, чтобы для глаз в приоритете был размер составных частей стереограмм, а не их цветовое разнообразие.



Образец № 3. Мелкие элементы

Наблюдения: 50% испытуемых выбрали образец № 1, 26,5% – образец № 2, 23,5% – образец № 3 (Приложение 3).

Ощущения глаз при восприятии образцов:

- Контуры изображения № 1 четкие и резкие, глаза немного устают;
- На образце № 2 изображение находится более медленно;
- В стереограмме № 3 фигура меньше выделяется на фоне, появляется рябь в глазах от обилия мелких деталей;

Таким образом, размер деталей важен при создании стереограммы, поскольку крупные элементы позволяют быстрее рассмотреть ее.

Изучив значение фоновой текстуры стереограммы, я решила подробнее рассмотреть вторую ее составляющую – карту глубины и найти способ перевода параллельной стереограммы в перекрестную. Как правило, сведение глаз на переносице дается легче, чем метод отклонения, значит, данная трансформация поможет людям более простым способом рассмотреть то же изображение.

Карта глубины параллельного метода изображает светло-серый предмет на черном фоне. Чем темнее точка, тем дальше она должна выглядеть на готовой стереограмме. Если смотреть такую картинку методом сведения глаз, то она искажается: дальние участки заменяются на ближние, фигура кажется полостью в плоскости изображения. Именно эта закономерность привела меня к мысли о том, что на основе этого принципа можно из параллельной стереограммы сделать перекрестную.

Я наложила эффект негатива на карту глубины параллельной стереограммы (Приложение 3, рис. 1.). На новом изображении приближенные и отдаленные части поменялись местами, и получилась уже знакомая вогнутая фигура. Далее я наложила на нее текстуру, и в итоге создала перекрестную стереограмму на базе параллельной. Примеры представлены в Приложении 3 на рис. 1 и 2, 4 и 5. Обнаруженная трансформация обратима и представляет особенный интерес, так как не описана в литературе.

Заключение

Результаты эксперимента показали, что при создании стереограммы важно учитывать количество цветов в ней. Оптимально 3 – 4. При большем их числе колбочки глаз получают больше сигналов о цветах, и мозговая задачаность в данный момент может препятствовать качественному восприятию СТАСГ.

Яркость стереограммы в меньшей степени влияет на качество ее восприятия, но средняя или низкая яркость фонового изображения предпочтительнее, так как она сочетает меньшее напряжение глаз и оптимальную видимость стерео-изображения. Максимально яркий фон обеспечивает самую четкую картинку, но сильно напрягает глаза, поскольку их рецепторы перегружены. На темной фоновой текстуре изображения различимо хуже, потому что рецепторы наоборот возбуждаются в меньшей степени, но именно поэтому глаза не напрягаются.

Крупные элементы фона помогают быстрее увидеть скрытую картинку, потому что для этого глазу нужно совместить два ближайших повторяющихся фрагмента, а так их легко различить.

Обнаруженная трансформация параллельной стереограммы в перекрестную имеет практическое значение. Наблюдатель, имеющий сложности с концентрацией внимания и взгляда, которому трудно воспринять стереограмму параллельного вида, приобретает возможность увидеть ту же картинку более легким способом.

Стереограммы кроме развлечения приносят реальную пользу. Процесс фокусирования взгляда – гимнастика для глаз, снимающая напряжение, улучшающая кровоснабжение, работу мышц и, что важно, аккомодацию. Также СТАСГ развивают воображение и концентрацию внимания.

Таким образом, стереограмма, созданная с учетом ее параметров, способна оказывать благотворное действие на зрительный аппарат. В современном мире люди много времени проводят за компьютером, и их глаза долго фокусируются на экране монитора. Поэтому для улучшения аккомодационного аппарата, можно использовать стереограммы. В будущей офтальмологической практике я планирую кроме традиционной гимнастики для глаз предлагать пациентам и собственные стереограммы. А в моей возможной будущей дизайнерской практике я планирую сделать стереограммы элементами интерьера, наряду с 3D-полами, фотообоями.

Чтобы стереограмма отвечала индивидуальным требованиям, лучше создать ее

самостоятельно, ведь сейчас технологии позволяют это сделать быстро и качественно.

Список литературы

1. Артюшин Л.Ф. Цветоведение. – М.: Книга, 1982.
2. Ашкенази Г.И. Цвет в природе и технике. – М.: Энергия, 1954.
3. Баччи Т. Магия третьего глаза. – М.: Интер Дайджест, 1996.
4. Бегунов Б.Н., Заказнов Н.П. Теория оптических систем. – М.: Машиностроение, 1973.
5. Валюс Н.А. Растровая оптика. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1969.
6. Глазные болезни / Т.И. Ерошевский, А.П. Нестеров, А.А. Бочарева и др.; под ред. А.П. Нестерова, В.М. Малова. – М.: Медицина, 1983.
7. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. – М.: Мир, 1978.
8. Ковалевский Е.И. Глазные болезни. – М.: Медицина, 1986.
9. Кочнева К.С. Анизотропия зрительного поля при восприятии вертикально-горизонтальной фигуры: наук: 03.01.02. – Красноярск, 2012.
10. Луизов А.В. Глаз и свет. – Л.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1983.
11. Меньшикова Г.Я. Зрительные иллюзии: психологические механизмы и модели: автореф. дис. ... д-р психологич. наук: 19.00.02. – М., 2014.
12. Миннарт М. Свет и цвет в природе. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1958.
13. Пинкер С. Как работает мозг. – М.: Кучково поле, 2017.
14. Рожков С.Н., Овсянникова Н.А. Стереоскопия в кино-, фото-, видеотехнике. – М.: Парадиз, 2003.

Приложения Приложение 1

Строение глаза и особенности зрения

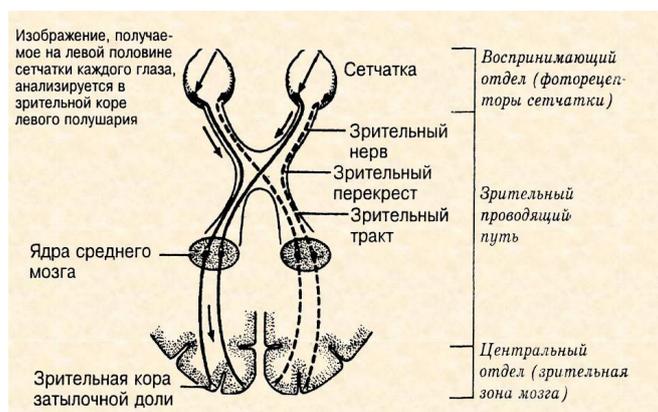


Рис. 1. Строение зрительного анализатора

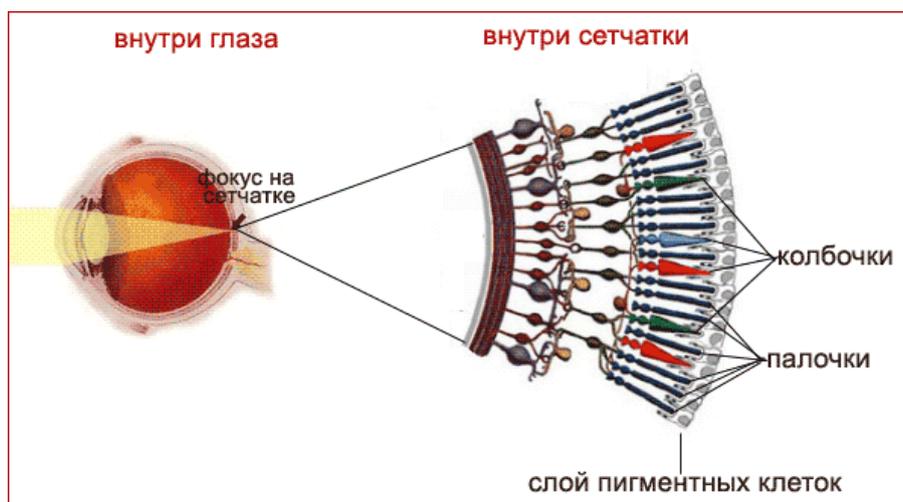


Рис. 2. Строение глаза

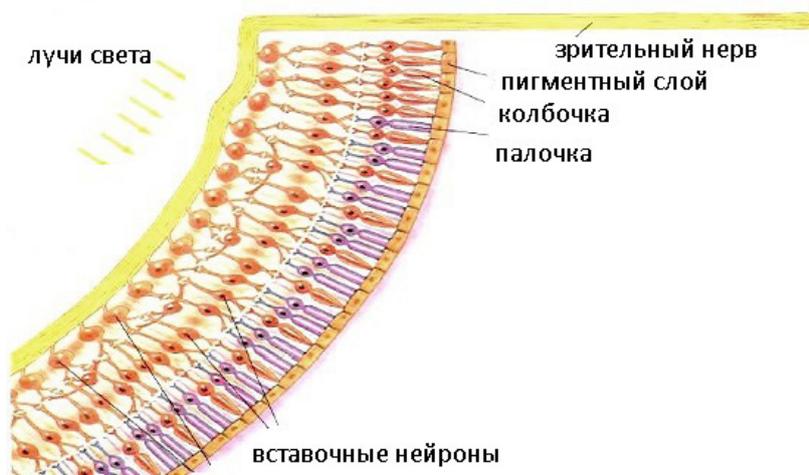


Рис. 3. Рецепторы сетчатки

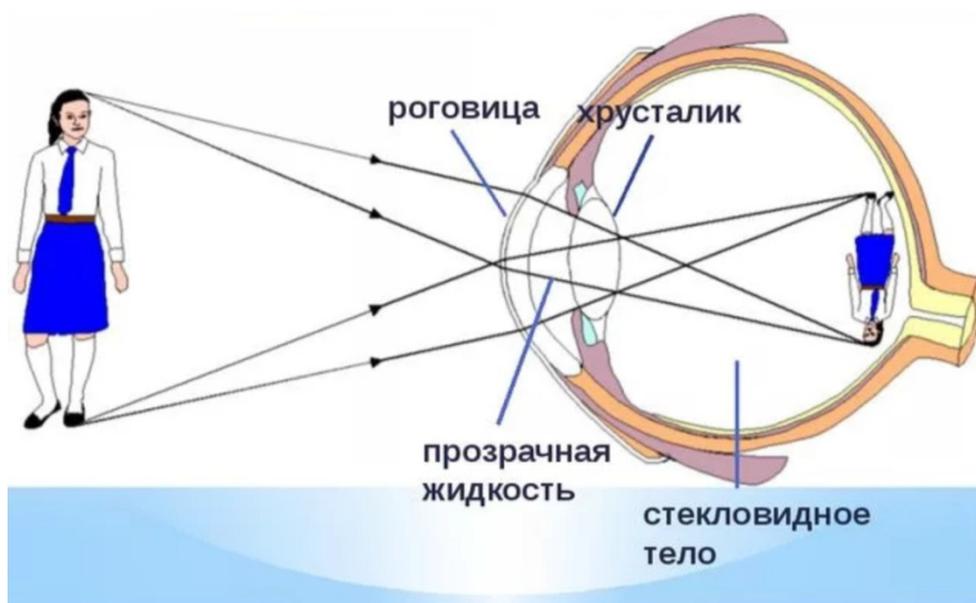


Рис. 4. Схема преломления света в глазу

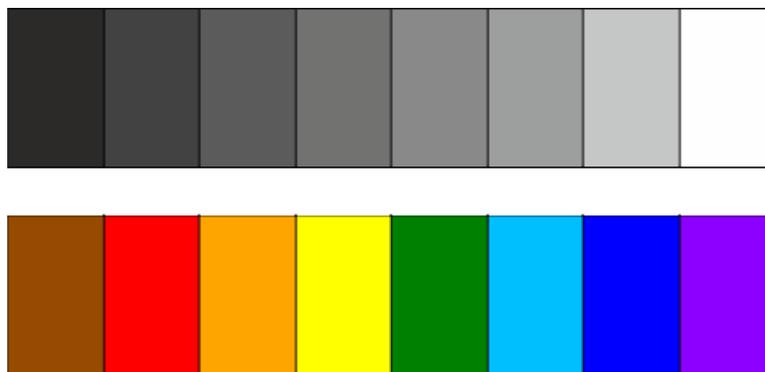


Рис. 5. Ахроматические и хроматические цвета

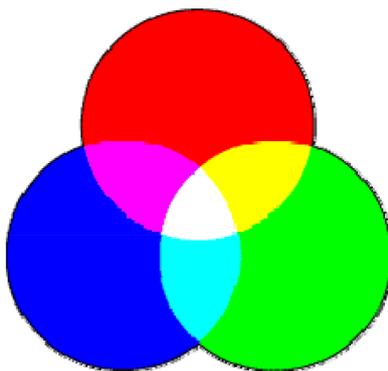


Рис. 6. Основные цвета

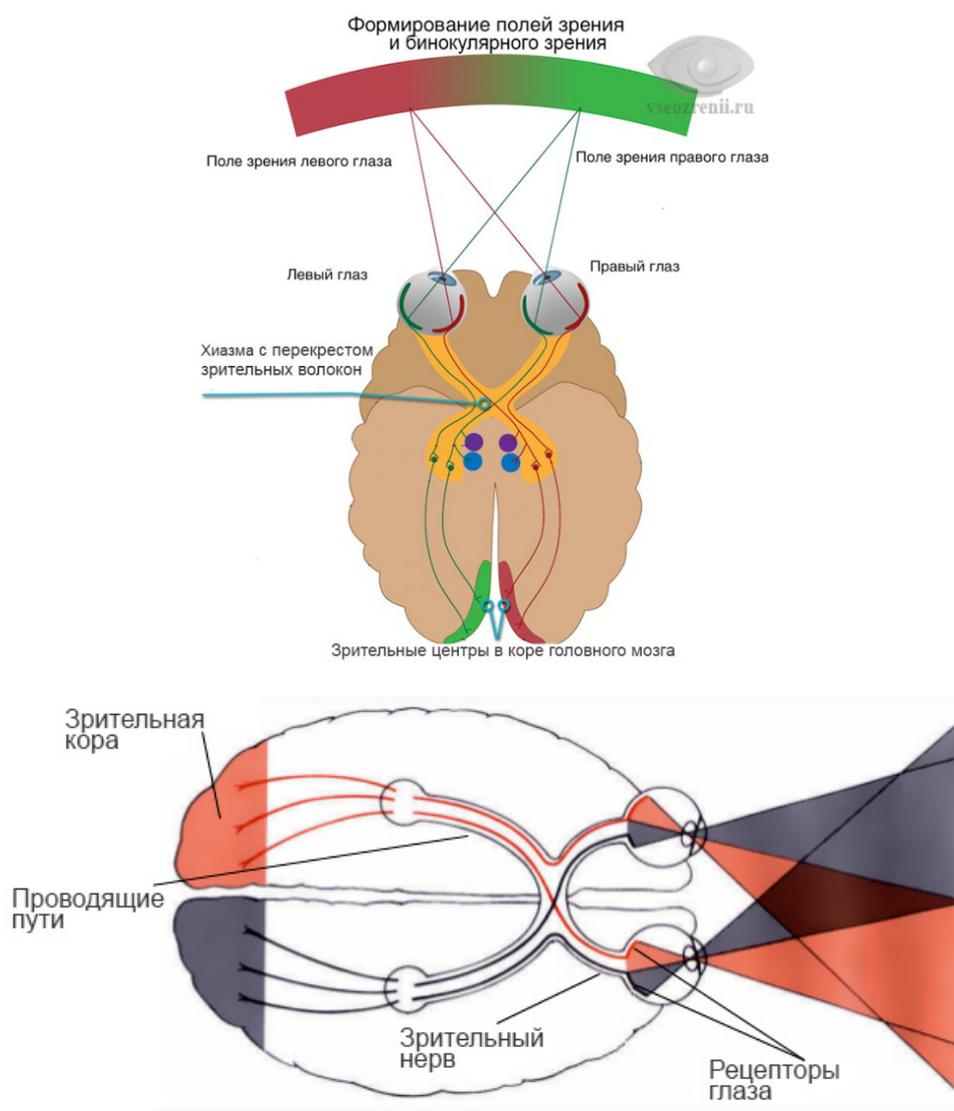


Рис. 7. Бинокулярное зрение

Оптические иллюзии



Рис. 1. «Сломанная» ложка в стакане с водой



Рис. 2. Мираж луж на дороге

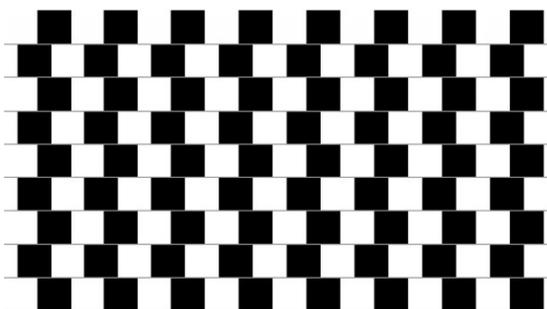


Рис. 3. Иллюзия стены в кафе

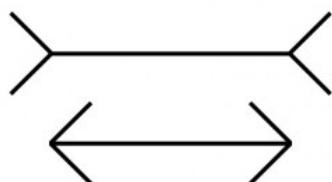


Рис. 4. Иллюзия Мюллера-Лайера



Рис. 5. Иллюзия Понцо

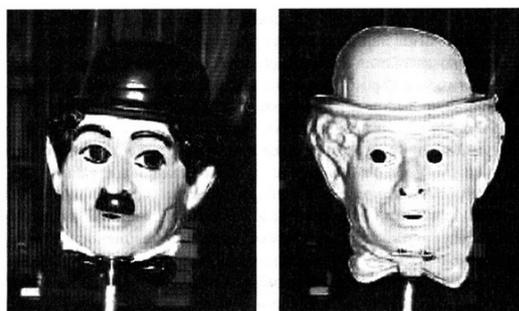


Рис. 6. Внешняя и внутренняя стороны объемной маски

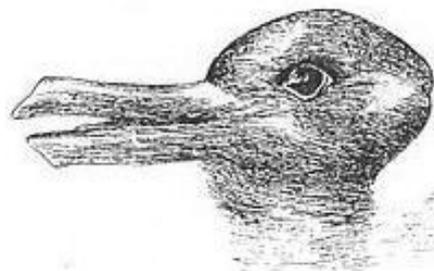


Рис. 7. Иллюзия-перевертыш «Утка-заяц»

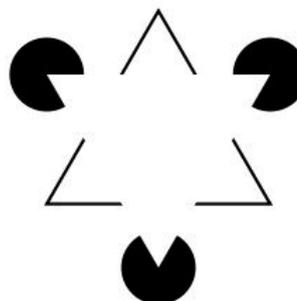


Рис. 8. Треугольник Канижа