Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«лицей «Созвездие» № 131» городского округа Самара
443083, г. Самара, ул. Промышленности,319, тел.: 261-14-40, 261-14-90.
E-mail: school131@bk.ru

Всероссийский форум

«Инженер-профессия творческая»

Секция «Фундаментальные науки»

Тема: «ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГЛАЗА ЧЕЛОВЕКА»

Выполнила:

ученица 11 «А» класса

МБОУ «Лицей «Созвездие» №131»

Деникаева Анна

Научный руководитель:

Левченкова Елена Александровна

учитель физики

МБОУ «Лицей «Созвездие» №131»

Самара 2019

Содержание.

Введение

Глава 1. Строение глаза и оптические иллюзии, связанные с его строением.

1.1 Строение глаза

1.2. Слепое пятно

1.3 Аккомодация глаза

1.4. Бинокулярность

1.5 Оптические иллюзии, возникающие из-за особенностей строения глаза.

Выводы по главе 1

Глава 2. Исследование особенностей оптической системы глаза человека.

2.1. Обнаружение слепого пятна. Определение его размеров.

2.2. Определение ближней и дальней точек ясного видения.

2.3. Обнаружение особенностей бинокулярного зрения.

2.4. Объяснение возникновения оптических иллюзий.

Выводы по главе 2

Заключение

Список используемых ресурсов

Приложения

Из всех органов чувств человека глаз всегда
признавался наилучшим даром и
чудеснейшим произведением творческой
силы природы.

Г. Гельмгольц

Введение

Человеческий глаз - одно из самых поразительных достижений эволюции. Он способен видеть мелкие пылинки и огромные горы, различать предметы вблизи и вдалеке, кроме того, глаза являются основной непосредственной связью с окружающим миром и осуществляют постоянную стимуляцию центральной нервной системы. Через них мы в состоянии воспринять свет, краски и тысячу воздействий окружающей среды.

В повседневной жизни мы часто встречаемся с оптическими иллюзиями, которые возникают из-за особенностей строения глаза человека, однако не всегда можем объяснить их возникновение. Даже самые простые вещи могут таить в себе самые неожиданные открытия, нужно только присмотреться.

На уроках биологии в школе детей знакомят строго со строением глаза. Многие даже не подозревают, что о зрении можно сказать что-то кроме его остроты, а ведь наши глаза обладают удивительными особенностями, о которых необходимо знать в повседневной жизни. И изучать эти особенности можно, в том числе и на уроках физики.

Цель работы:

Исследование особенностей оптической системы глаза человека и объяснение оптических иллюзий, возникающих из-за особенностей его строения.

Задачи:

1. Найти и проанализировать информацию о строении глаза и об оптических иллюзиях, связанных с его строением.

2. Провести исследования по обнаружению слепого пятна и измерению его размеров.

3. Определить ближнюю и дальнюю точки ясного зрения и сравнить полученные результаты со среднестатистическими данными.

4. Провести исследования по изучению особенностей бинокулярного зрения.

Объект исследования: зрение человека**.**

Предмет исследования: особенности строения человеческого глаза.

Гипотеза: некоторые оптические иллюзии могут быть объяснены особенностями оптической системы глаза человека.

Методологическая база исследования: анализ данных по теме исследования, проведение практических работ по теме исследования.

Глава 1. Строение глаза, его свойства и особенности.

1.1 Строение глаза.

Глаз человека представляет собой сложную оптическую систему, которая по своему действию аналогична оптической системе фотоаппарата. Схематическое устройство глаза представлено на рисунке. *Приложение 1.*

Глаз имеет почти шарообразную форму и диаметр около 2,5 см. Снаружи он покрыт защитной оболочкой – *склерой*. Передняя прозрачная часть склеры называется *роговицей*. На некотором расстоянии от нее расположена радужная оболочка, окрашенная пигментом. Отверстие в радужной оболочке представляет собой *зрачок*. В зависимости от интенсивности падающего света зрачок рефлекторно изменяет свой диаметр приблизительно от 2 до 8 мм, т.е. действует подобно диафрагме фотоаппарата. Между роговицей и радужной оболочкой находится прозрачная жидкость. За зрачком находится *хрусталик*–эластичное линзоподобное тело. Мышца может изменять в некоторых пределах форму хрусталика, изменяя тем самым его оптическую силу. Остальная часть глаза заполнена *стекловидным телом*. Задняя часть глаза – глазное дно, оно покрыто сетчатой оболочкой, представляющей собой сложное разветвление зрительного нерва с нервными окончаниями – *палочками и колбочками*, которые являются светочувствительными элементами. Палочки чувствуют свет, даже если его совсем немного, но мне могут различать цвета. Цвет распознают колбочки, которые бывают трех типов: одни чувствительны к красному цвету, другие – к зеленому, третьи - к синему. Зрительный нерв передает информацию от сетчатки мозгу, которые обрабатывает полученную информацию.

Слепое пятно – место на сетчатке, где из глаза выходит зрительный нерв; оно не чувствительно световому раздражителю.

Ознакомимся с понятием слепого пятна поближе.

1.2. Слепое пятно

Академик С. И. Вавилов по поводу устройства глаза писал:

«Насколько проста оптическая часть глаза, настолько сложен его воспринимающий механизм. Мы не только не знаем физиологического смысла отдельных элементов сетчатки, но не в состоянии сказать, насколько целесообразно пространственное распределение светочувствительных клеток, к чему нужно слепое пятно. Перед нами не искусственный физический прибор, а живой орган, в котором достоинства перемешаны с недостатками, но все неразрывно связано в живое целое».

Слепое пятно, казалось бы, должно мешать нам видеть весь предмет, но в обычных условиях мы этого не замечаем.

Во-первых, потому, что изображения предметов, приходящиеся на слепое пятно в одном глазу, в другом проектируются не на слепое пятно; во-вторых, потому, что выпадающие части предметов невольно заполняются образами соседних частей, находящихся в поле зрения.

1.3. Аккомодация глаза

Аккомодация глаза – изменение преломляющей силы глаза, обеспечивающее его способность ясно видеть предметы, находящиеся на различных расстояниях.

Физиологический механизм аккомодации глаза состоит в том, что при сокращении волокон ресничной мышцы глаза происходит расслабление ресничного комка, с помощью которого хрусталик прикреплен к ресничному телу. При этом уменьшается натяжение сумки хрусталика и он, благодаря своим эластичным свойствам, становится более выпуклым. Расслабление ресничной мышцы ведет к утолщению хрусталика.

Аккомодация глаза возможна в пределах, ограниченных ближайшей и дальнейшей (наиболее отдаленной) точками ясного зрения. Первая определяется наименьшим расстоянием, на котором можно читать мелкий

шрифт; вторая – наибольшим расстоянием, на котором ясно различим предмет.

Увеличение преломляющей силы оптической системы глаза, достигаемое при максимальном напряжении аккомодации глаза, называют *объемом* или *силой* аккомодации глаза. Объем аккомодации глаза снижается с возрастом вследствие уменьшения эластичности хрусталика. При разности отстояния от глаза дальнейшей точки ясного зрения и ближайшей точки ясного зрения можно определить в линейных мерах область аккомодации для каждого глаза.

Объем аккомодации характеризуется разницей в преломляющей силе оптической системы глаза, которая возникает при переводе взгляда для ДТЯЗ к БТЯЗ. Положение ближайшей точки ясного зрения соответствует максимальному напряжению аккомодации.

Аккомодация, определяемая для одного глаза, называется абсолютной. Если зрение осуществляется двумя глазами, бинокулярно, то процесс аккомодации обязательно сопровождается *конвергенцией*, т.е. сведением зрительных осей глаз на фиксируемом предмете. Такая аккомодация характеризуется как относительная.

С возрастом аккомодационная способность глаза ослабевает. Так, в 20-30 лет ближайшая точка зрения находится на расстоянии, примерно 10 см. D = 1/F= 100 см/10 см = 10 дптр. Таким образом, рассматривая предметы с 10 см, мы усиливаем свою рефракцию на 10 см. Обычно человек читает с расстояния в 25 см: D=1/F=100 см = 4 дптр.

Постепенное уменьшение аккомодационных возможностей глаза может быть обусловлено изменением физико-химического состава хрусталика, обеднением его водой, уплотнением в связи с формированием ядра (с 20-летнего возраста), потерей эластичности, гиперкоррекцией *миопии* (близорукости). Вследствие этого, ближайшая точка ясного зрения постепенно удаляется от глаза. После 40 лет эта точка находится уже на довольно большом расстоянии, и поэтому для рассматривания мелких

предметов их приходится не приближать, а отодвигать от глаза все дальше и дальше. Возникает, так называемая, пресбиопия, то есть дальнозоркость.

С возрастом изменяется не зрение и рефракция, а способность к аккомодации, и лишь создается иллюзия, что близорукие люди к старости видят лучше: в зависимости от величины близорукости они позже надевают очки для работы или не пользуются ими совсем.

1.4. Бинокулярность

Бинокулярное зрение — восприятие окружающих предметов двумя глазами (от лат. bi — два, oculus — глаз) — обеспечивается в корковом отделе зрительного анализатора благодаря сложнейшему физиологическому механизму зрения — фузии, т. е. слиянию зрительных образов, возникающих отдельно в каждом глазу (монокулярное изображение), в единое сочетанное зрительное восприятие. Это очень тонкая функция обеспечивается двумя механизмами: согласованными движениями обоих глаз, поддерживающих постоянное направление зрительных линий на точку бификсации и слиянием изображений двух глаз в единый образ. Это позволяет обеспечить зрительной системе более высокую оценку видимых объектов (стереоскопическое зрение).

Способность зрительного анализатора определять третье измерение, телесность, стереоскопичность предметов окружающего мира, определять расстояние между предметами обусловлено одновременным зрением двумя глазами – бинокулярным зрением. Бинокулярное зрение создает и другие значительные преимущества зрительному анализатору, расширяет поля зрения в горизонтальном направлении до 180 градусов, зрительные образы, полученные от двух глаз, ярче и четче вследствие суммации раздражений (острота зрения повышается), при помощи бинокулярного зрения человек более точно определяет расстояние (глазомер).

Бинокулярное зрение - это чрезмерно тонкий, сложный условно-рефлекторный комплекс. Он развивается, совершенствуется и изменяется в

течение всей жизни. Огромное значение в развитии функции бинокулярного зрения играет индивидуальный опыт.

1.5 Оптические иллюзии, возникающие из-за особенностей строения глаза

Особенности строения глаза влекут за собой некоторые интересные оптические иллюзии. Оптическая иллюзия-это впечатление о видимом предмете или явлении, не соответствующее действительности. В переводе с латыни слово «Иллюзия» означает «ошибка, заблуждение». Некоторые зрительные иллюзии имеют научное объяснение, другие - до сих пор не объяснены.

Иллюзии, возникающие из-за наличия слепого пятно в глазу.

Теорией слепого пятна объясняется следующая иллюзия. Если закрыть правый глаз и левым смотреть на голову мужчины, то на определенном расстоянии точка исчезнет. Это значит, что ее изображение на сетчатке глаза попало на слепое пятно. *Приложение 2.*

Зрительные иллюзии, обусловленные работой механизмов бинокулярного зрения

Проведем небольшой эксперимент. Если свернуть лист бумаги в трубочку диаметром около 3 см и глядеть через нее вдаль, приставив ее к одному глазу, а второй глаз прикрыть ладонью и далее отодвигать ее от глаза, скользя по трубке, можно увидеть в ладони четкую дыру, сквозь которую хорошо просматриваются удаленные предметы. Здесь бинокулярные механизмы объединяют два направления, соответствующие зрительным осям левого и правого глаз, в одно направление. *Приложение 3*.

Другой пример бинокулярной зрительной иллюзии можно наблюдать, если поместить кисти рук на расстоянии 30-40 см от лица, расположив указательные пальцы горизонтально и сведя их вместе, а затем посмотреть

мимо пальцев вдаль. При этом обычно начинает казаться, что между пальцами появился объект. Эта иллюзия объясняется особенностями работы механизмов, формирующих единый бинокулярный образ предмета на основе несколько различающейся информации, поступающей от левого и правого глаз.

Трехмерное кино

Трёхмерное кино является развитием принципов бинокулярного зрения и методов стереоскопической фотографии. Вместо одного изображения каждой сцены, как это имеет место в обычной кинематографии, двумя различными камерами, расположенными на расстояние нескольких сантиметров друг от друга, снимаются две фотографии.

Суть работы поляризационных 3D очков заключается в том, чтобы отображаемое изображение на экране телевизора было разделено на две картинки. Но как сделать так, чтобы каждый глаз видел то, что нужно? Из самого названия технологии (поляризационная) становится понятно, что делается это при помощи поляризации. То есть изображение на экране телевизора состоит из строчек, каждая из которых имеет определенный диапазон излучения.

К примеру, четные строчки составляют одну часть изображения, а нечетные другую. Благодаря тому, что четные и нечетные строки имеют разный спектр излучения, изображение разделяется на две картинки. В 3D очках установлены две линзы, которые также имеют разную поляризацию.

Другими словами, например, правая линза полностью блокирует изображение четных строк, но при этом позволяет свободно видеть изображение нечетных строк. Левая же линза напротив, полностью блокирует изображение нечетных строк, и свободно пропускает картинку из четных. Таким образом, каждый глаз видит разную перспективу одного изображения, что в результате работы мозга превращается в объемное изображение.

По похожему принципу работают и анаглифные 3D очки. *Приложение 4.*

Стереокартинки

Стереокартинка представляет собой особый тип графики, который использует два отдельных изображения, благодаря которым достигается эффект объемной фигуры.

Сегодня сложно встретить человека, который не сталкивался бы с так называемыми стереокартинками, однако мало кто задумывался, с чем ему приходится иметь дело.

Такая физиологическая способность, как бинокулярность зрения позволяет нам видеть изображения в пространстве на фоне зацикленных картинок.

Представим себе, что наши глаза испускают два тонких прямых луча. В тот момент, когда мы смотрим на предмет, эти лучи пересекаются в точке, куда мы смотрим. В зависимости от того, на каком расстоянии находится предмет, угол, под которым пресекаются воображаемые лучи, будет больше или меньше. Оценка расстояния до объекта происходит в точности наоборот - мозг анализирует угол и на основании этого анализа делает вывод о расстоянии до объекта. Сам угол определяется при совмещении изображений, которые передают в мозг правый и левый глаза. Мозг просто совмещает похожие фрагменты, меняя при этом углы зрения.

В случае если перед нашими глазами будет изображение с повторяющимися элементами, мозгу будет затруднительно определить расположение предметов в пространстве. В результате человек, рассматривающий такое «регулярное» изображение, начнет видеть то, чего на самом деле нет, причем видит это не на плоскости, а в пространстве.

Стереограммы полезны для здоровья, особенно для тех, кто много времени проводит за компьютером. Видение трехмерных изображений способствует улучшению кровообращения, снятию напряжения глазных

мышц, улучшению работы аппарата аккомодации. Все резервы организм переключает на контроль за глазами и нервные клетки испытывают повышенную нагрузку, что улучшает проводимость нервных волокон.

Стереокартинки называют «спортом для глаз». Особенность их в том, что они заставляют глаза менять привычную точку фокусировки, тем самым сберегая зрение и помогая сохранить его остроту. *Приложение 5.*

Выводы по главе 1

Наш глаз - сложная оптическая система, обладающая различными особенностями, которые не всегда заметны в повседневной жизни. Благодаря этим особенностям существуют оптические иллюзии, которые иногда кажутся абсурдными, однако имеющие научное обоснование. На особенностях строения глаза построена 3D анимация, так прочно вошедшая в нашу жизнь. Знание особенностей строения глаза позволяет понимать устройство 3D кино. Также с помощью иллюзий можно дать отдых глазам после длительного напряжения.

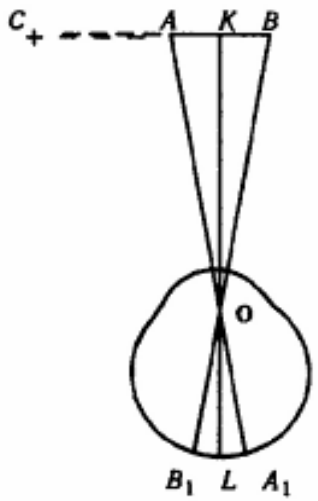
Глава 2. Исследование особенностей оптической системы глаза человека

2.1. Обнаружение слепого пятна. Определение его размеров

Для проведения этого эксперимента я пригласила 10 человек в возрасте от 7 до 53 лет. Необходимые материалы для проведения исследования – листы белой бумаги и карандаш.

В ходе проведения эксперимента испытуемые должны нарисовать в верхнем левом углу листа крестик, закрыть левый глаз, а правым зафиксировать изображение крестика. Далее, из правого верхнего угла по направлению к кресту нужно вести карандаш. Участники эксперимента отмечают расстояние ВС, на котором изображение карандаша перестанет быть видимым, и расстояние АС, на котором опять возникнет изображение

карандаша. Также необходимо измерить расстояние ОК от глаза до изображения. Для наглядности можно воспользоваться картинкой.



Результаты эксперимента приведены в *Таблице 1*, в которой указаны возраст испытуемого и его измерения.

Таблица 1. Определение размера слепого пятна.

	Возраст	AB	OL	OK	*a*
1.	7	2,5	1,7	42	0,101
2.	17	3	1,7	60	0,085
3.	10	2,77	1,7	48	0,098
4.	16	3,6	1,7	55	0,111
5.	18	3,2	1,7	63	0,086
6.	21	3	1,7	58	0,087
7.	28	3,2	1,7	52	0,104
8.	35	4,1	1,7	68	0,102
9.	44	3,66	1,7	82	0,084
10.	53	2,1	1,7	44	0,081

**все значения представлены в сантиметрах.*

По формуле $a = \frac{AB \cdot OL}{OK}$ я определила диаметр слепого пятна. (Расстояние OL от узловой точки глаза до сетчатки можно принять равным 1,7 см. Расстоянием от узловой точки до роговицы за малостью можно пренебречь.) Среднее значение слепого пятна это среднее арифметическое значений диаметра слепого пятна участников.

2.2. Определение ближней и дальней точек ясного видения

Для проведения эксперимента по определению ближней и дальней точек ясного видения я пригласила своих одноклассников. Необходимое оборудование: лист бумаги с отверстием меньше диаметра зрачка, булавка, линейка.

Для определения точек ясного видения нужно поместить лист бумаги с отверстием прямо перед глазом, другой глаз закрыть. Ребята фиксируют свой взгляд на булавке, которая расположена позади листа. Медленно, не расфокусировывая взгляда, необходимо приблизить булавку к отверстию. Когда булавка начнет двоиться или расплываться, нужно убрать лист и измерить расстояние от глаза до булавки. Результаты записываются в таблицу как положение ближней точки ясного видения для открытого глаза.

Определение дальней точки ясного видения возможно только для близорукого глаза. Для этого булавку, наоборот, нужно постепенно удалять от глаз. Расстояние, на котором изображение булавки начинает раздваиваться, и есть положение дальней точки ясного зрения.

Результаты эксперимента приведены в *Таблице 2,* где указаны аккомодационные возможности оптической системы глаза участника и положения ближней и дальней точек ясного зрения для правого и левого глаза.

Таблица 2. Определение ближней и дальней точек ясного видения.

Фамилия	Зрение (дптр)	Ближняя точка/ правый глаз/	Дальняя точка/ правый глаз/	Ближняя точка / левый глаз/	Дальняя точка/ левый глаз/
Без дефектов зрения					
Деникаева		10		9,5	
Королев		12		11	
Тутова		8		10	
Каримов		10		10	
Чудайкина		8		8	
Харитонов		11		9,5	
Емельянов		12		10	
Миопия					
Дубина	-1	9	90	8	90
Гуськова	-1,25	8	102	9,5	108
Петрова	-0,75	8	80	8	88
Беляков	-2	7	102	6,5	102
Комиссарова	-3	6	50	6	50
Рахманов	-1	8	400	8	400
Завгородний	-1,75	7	70	7,5	70
Миопия (коррекция линзами)					
Бирюков	-1,25	10		11	
Шевцов	-1,75	8		8,5	

В норме для 16-летних расстояние для ближней точки ясного зрения составляет 8-10 см.

2.3. Обнаружение особенностей бинокулярного зрения

Для данного эксперимента нам понадобится: деревянный брусок, булавки, ширма. Чтобы изучить особенности бинокулярного зрения, один из участников опыта вкалывает 2 булавки в верхнюю часть деревянного бруска на некотором расстоянии друг от друга и, загородив опору ширмой, поворачивает устройство так, чтобы булавки оказались примерно на одном луче зрения.

Другой участник опыта, поочередно глядя на булавки то одним, то другим глазом, должен определить, какая из булавок находится ближе к нему.

Далее участник эксперимента пробует определить расстояние до булавок с двумя открытыми глазами.

Выводы по главе 2

Проанализировав полученные по первому эксперименту результаты, можно сделать вывод, что диаметр слепого пятна в среднем составляет *0,094 см.* и не зависит от возраста. Это значит, что изображения небольших объектов могут попадать на слепое пятно, тем самым вызывая иллюзию отсутствия этого предмета.

На основе *Таблицы 2,* полученной при изучении положения ближней и дальней точек ясного зрения, можно сказать, что у всех ребят без дефектов зрения ближняя точка ясного зрения входит в пределы нормы.

На основе анализа значения ближней точки ясного видения для ребят с миопией можно сделать вывод, что эта точка приближается к глазу с увеличением диоптрий, с увеличением диоптрий также приближается дальняя точка ясного зрения.

У ребят, которые носят линзы, значение ближней точки ясного зрения входит в пределы нормы, а дальняя точка ясного зрения уходит в бесконечность, значит, что коррекция зрения линзами успешна.

Во время проведения опыта по обнаружению особенностей бинокулярного зрения оказалось, что не все испытуемые смогли правильно определить расстояние до булавок, смотря на них одним глазом, однако при обоих открытых глазах с этой задачей справились все участники эксперимента.

Заключение

В ходе исследования были выполнены все поставленные задачи и подтверждена гипотеза о том, что некоторые оптические иллюзии могут быть объяснены особенностями оптической системы глаза человека. Практические работы можно использовать на факультативных занятиях по физике или биологии.

Список используемых ресурсов

1. Безденежных Е.А., Брикман И.С. Физика в живой природе и медицине. – Киев, 1976.

2. Булат В.А. Оптические явления в природе. - М.: Просвещение, 1974.

3. Ильченко В.Р. Перекрестки физики, химии, биологии. - М.: Просвещение, 1986.

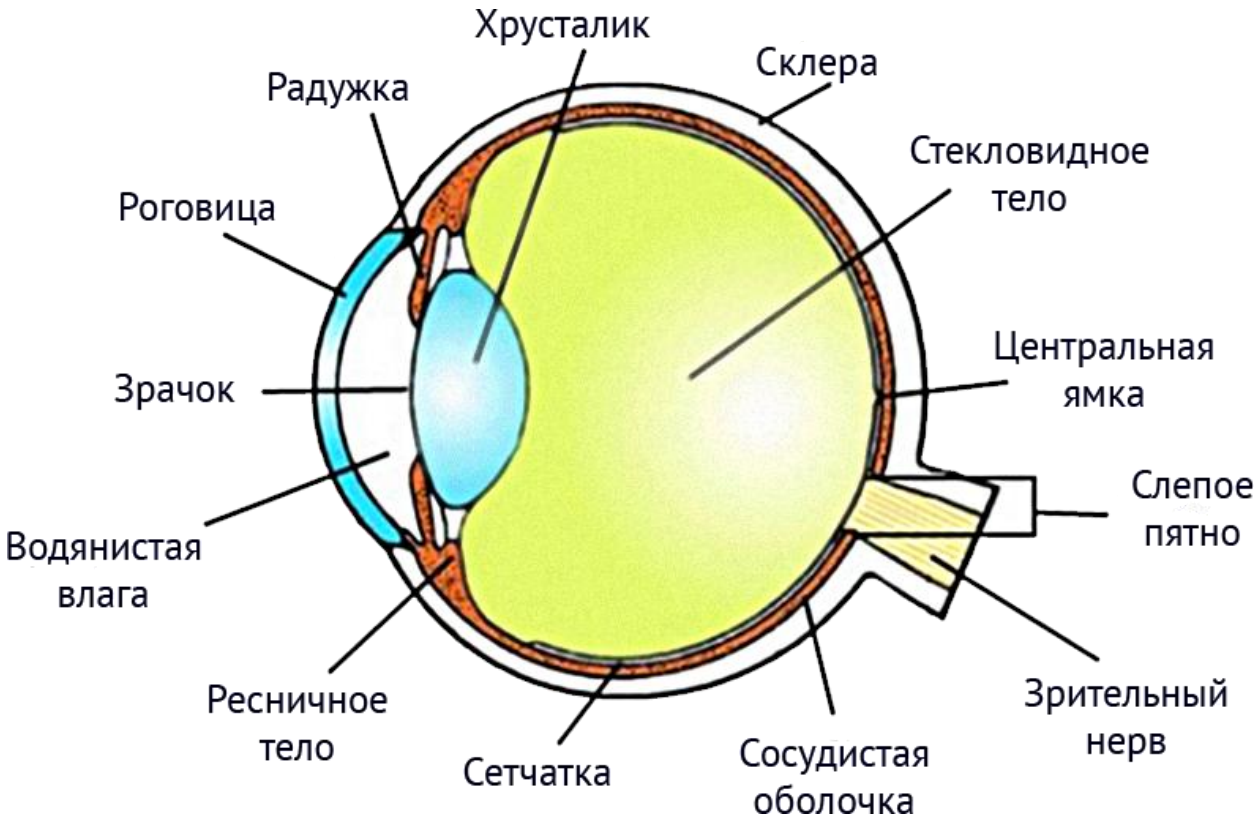
4. Гальперштейн Л. Здравствуй физика! - М.: Просвещение, 1973.

5. Синичкин В.П. Синичкина О.П. Внеклассная работа по физике. – Саратов: Лицей, 2002.

6. Оптические иллюзии - М. Лабиринт Пресс, 2019.

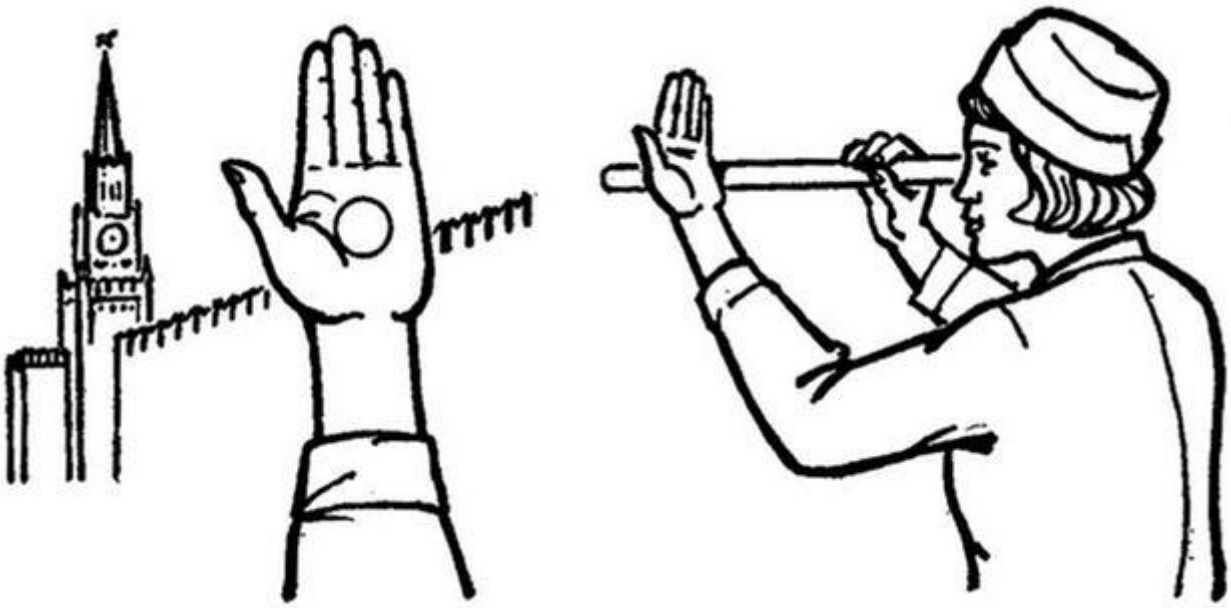
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Строение глаза.

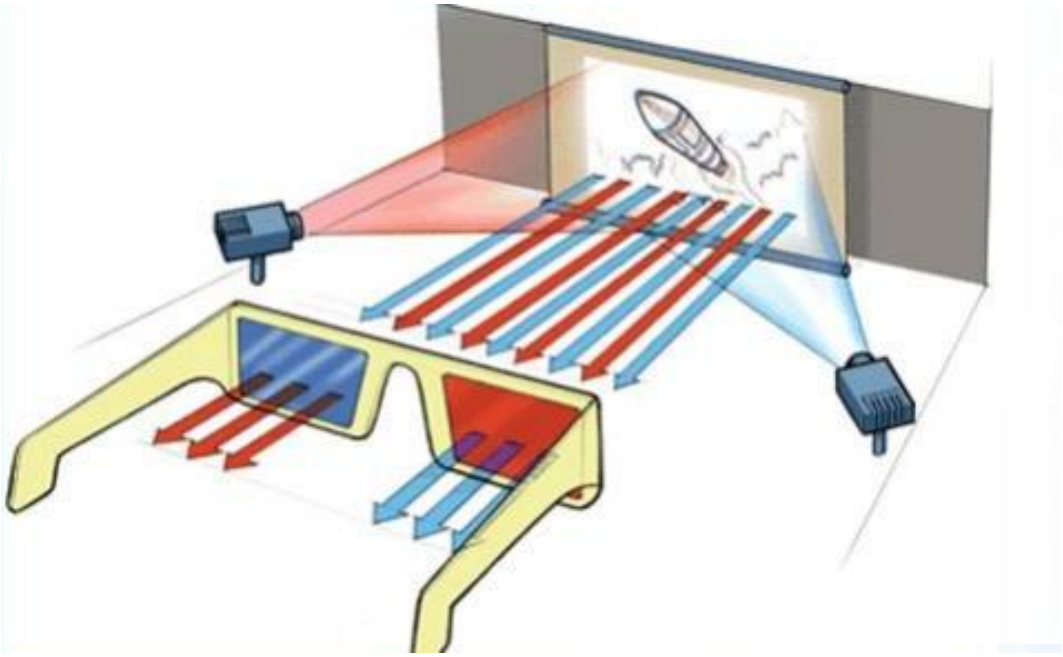


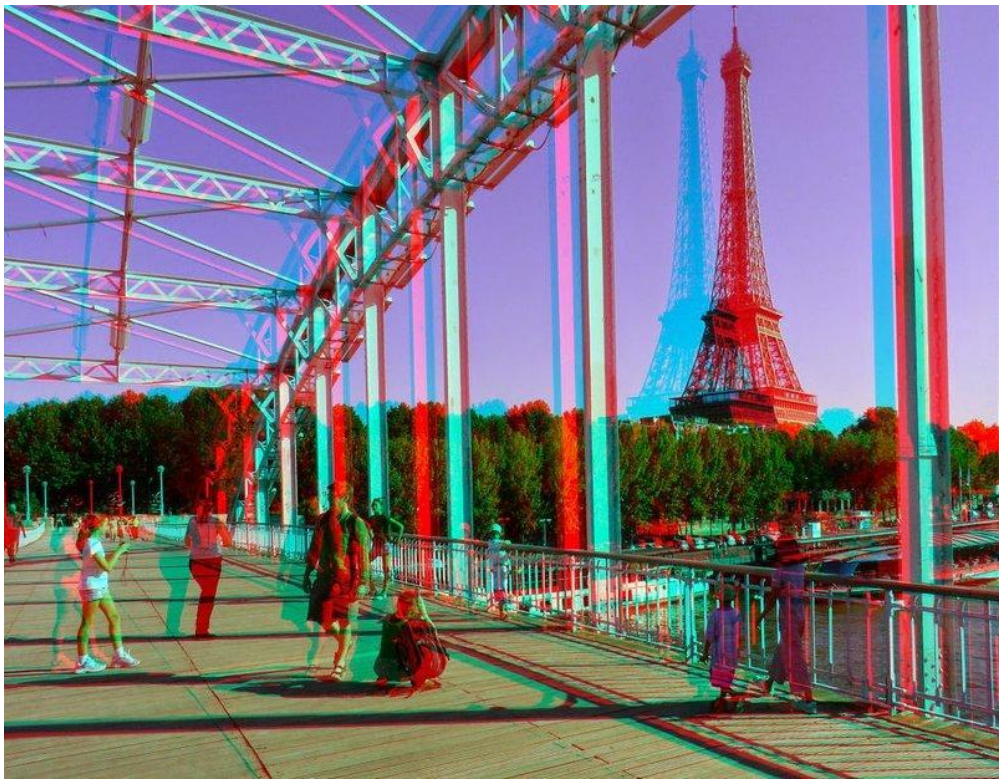
Приложение 2. Опыт Э. Мариотта.

Приложение 3. Иллюзия «Дыра в руке».



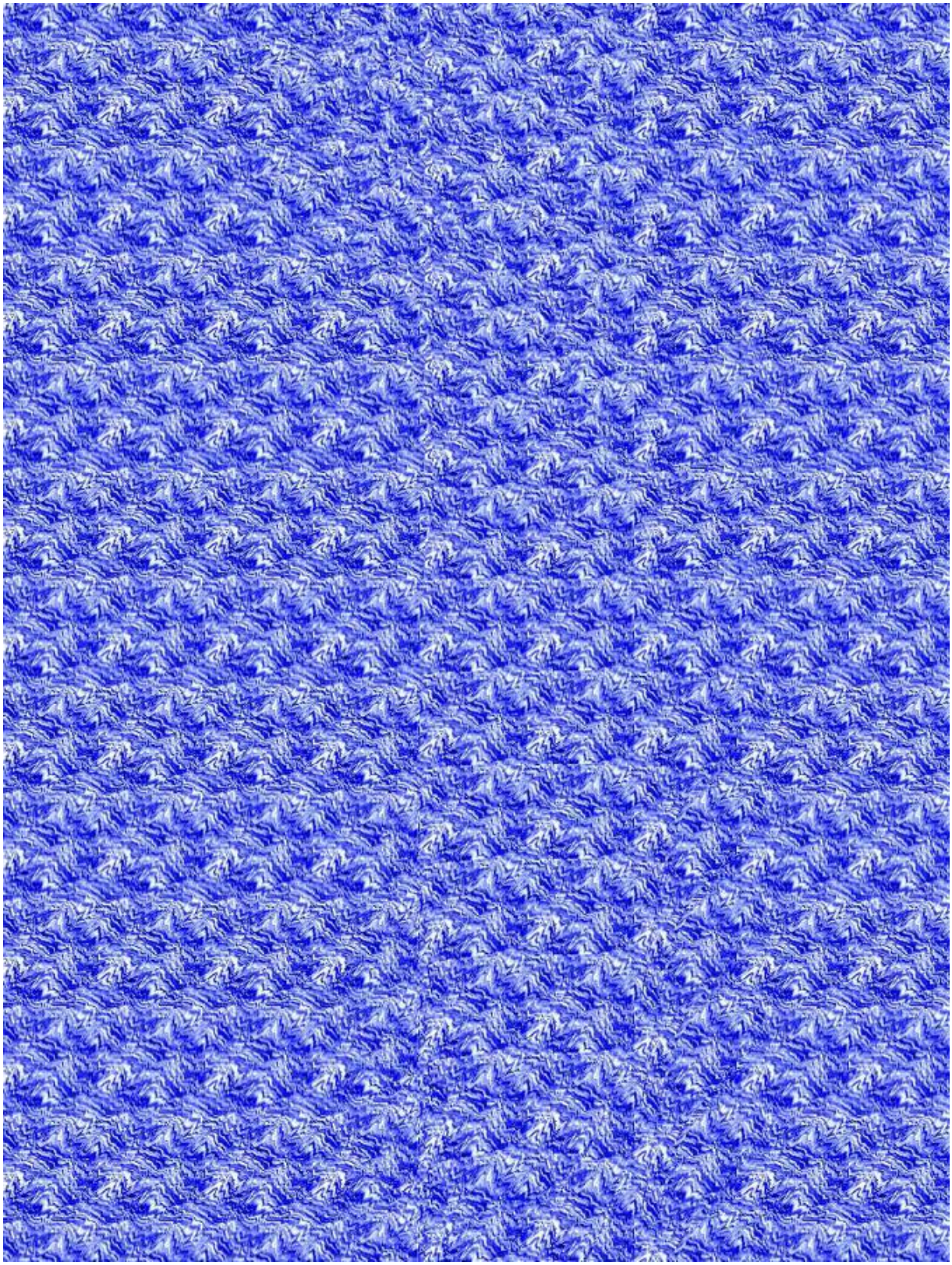
Приложение 4. Принцип работы аналгифных 3Dочков.



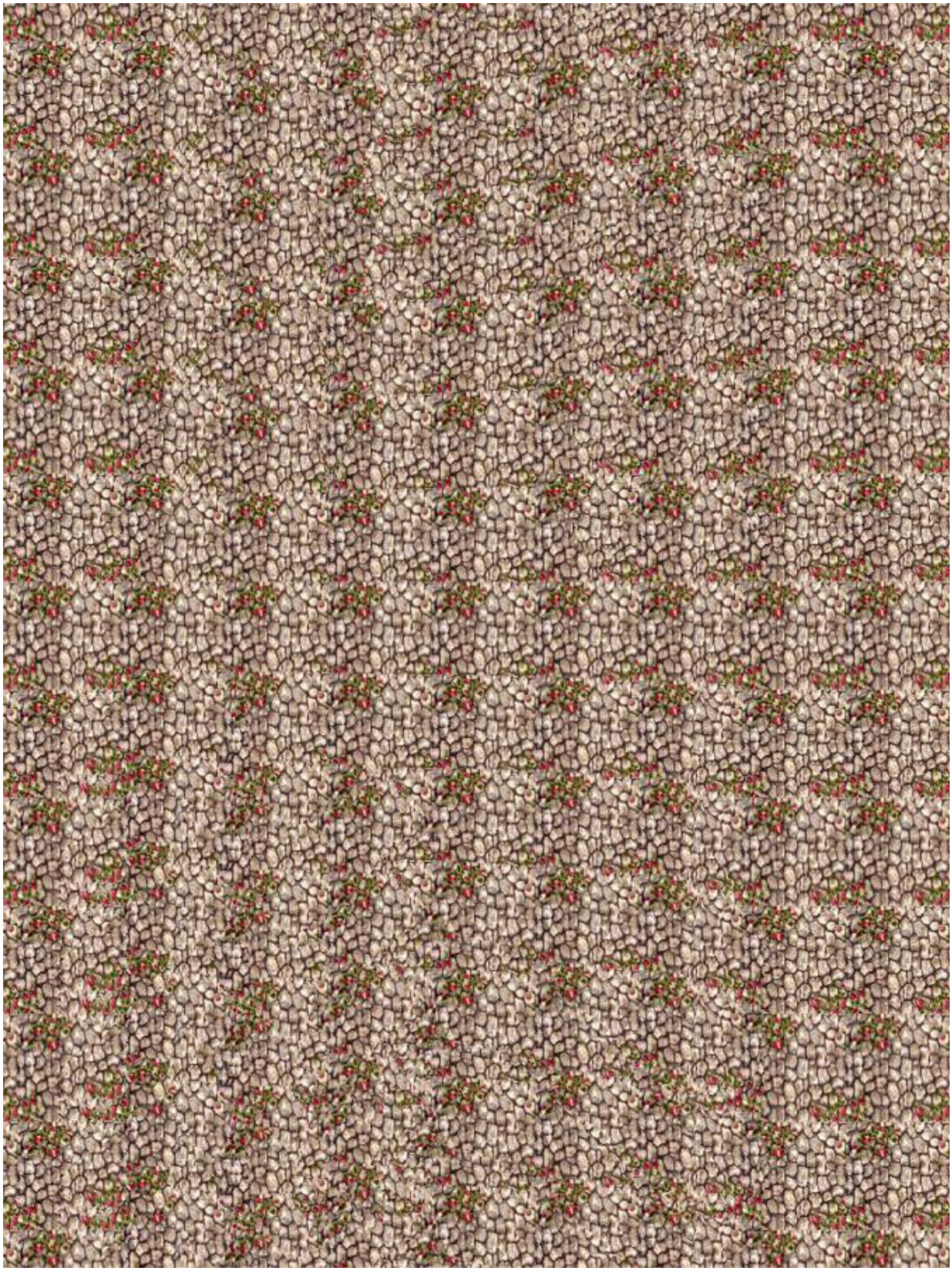


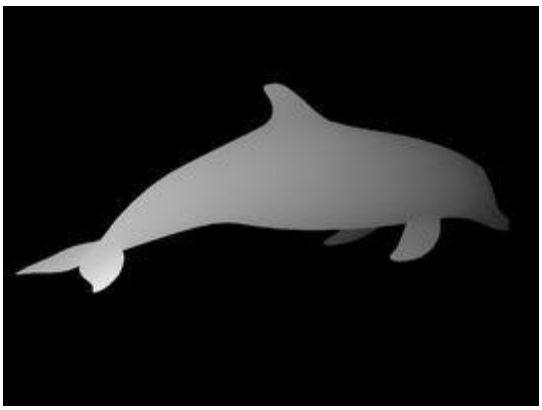
Приложение 5. Стереокартинки.

Картинка 1.



Картинка 2.





Ответ на 1 стереокартинку.

Ответ на 2 стереокартинку.