

Научно-исследовательская работа
по физике

**Проверка обоснованности выбора Ньютоном синего цвета в одном из его
опытов по дисперсии света**

Выполнил:

Звягин Никита Александрович,
учащийся 11А класса

ГБОУ СОШ № 217 Красносельского района Санкт-Петербурга

Руководитель:

Холодова Мирослава Львовна,
учитель физики

ГБОУ СОШ №217 Красносельского района Санкт-Петербурга

Оглавление

Введение.....	3
Глава I. Гипотезы	
Гипотеза 1. О контрастности синего и фиолетового цветов.....	4
Гипотеза 2. Особенности словесного описания синего цвета в английском языке.....	6
Гипотеза 3. Побочные эффекты при наблюдении дисперсии фиолетовой части спектра.....	7
Глава II. Исследование дисперсии	
Наблюдение дисперсии.....	8
Сравнение дисперсии красной и синей частей спектра.....	9
Сравнение дисперсии различных частей спектра.....	10
Заключение	
Результаты.....	11
Выводы.....	11
Источники информации.....	12
Приложения	
1. Программа <i>Colour Contrast Check</i> : данные для таблиц 1 и 2.....	13
2. Программа <i>ColorScheme</i> : данные для таблицы 2.....	15
3. Наблюдение дисперсии: снимок экрана.....	16
4. Сравнение дисперсии красной и синей частей спектра: снимок экрана.....	17

Введение

Творчество Исаака Ньютона по праву относится к вершинам научной мысли. Классический опыт Ньютона по дисперсии света описан в многочисленных учебниках и другой научно-популярной литературе [2, 4, 7]. Мне же стало интересно познакомиться с первоисточником, узнать, как сам Ньютон излагал свои опыты по дисперсии. Частичная информация оказалась доступна благодаря книге «Классики физической науки» [4], в которой включены отрывки работ классиков физики. Отрывки из «Оптики» [8] воспроизводятся по переводу С.И.Вавилова, выполненного в 1954 году с третьего (прижизненного) издания.

В первом опыте Ньютон рассматривает сквозь призму красно-синюю полосу бумаги и наблюдает на черном экране ее изображение:

«установив предметы таким образом, я нашел, что в том случае, когда преломляющий угол призмы повернут кверху, так что бумага кажется вследствие преломления приподнятой, синяя сторона подымается преломлением выше, чем красная.... таким образом, свет, приходящий от синей половины бумаги через призму к глазу, испытывает при одинаковых обстоятельствах большее преломление, чем свет, исходящий от красной половины, и, следовательно, преломляется больше» [4].

В третьем опыте (второй опыт в книге [4] не представлен) доказывалось, что солнечный свет состоит из лучей различной преломляемости.

«Я поместил в очень темной комнате у круглого отверстия около трети дюйма шириной в ставне окна стеклянную призму, благодаря чему пучок солнечного света, входящего в это отверстие, мог преломляться вверх к противоположной стене комнаты и образовывал там цветное изображение солнца» [4].

Вот как описывает Ньютон окраску этого изображения:

«изображение спектра было окрашено красным в наименее преломленном конце, фиолетовым – в наиболее преломленном конце и желтым, зеленым и синим – в промежуточном пространстве» [4].

Таким образом, Ньютон знал, что больше остальных преломляются «фиолетовые лучи».

У меня возник вопрос: почему в опыте с цветной полоской Ньютон использует красно-синюю окраску полоски, а не красно-фиолетовую? Чем вызван выбор синего цвета? Поэтому целью настоящей работы является попытка разобраться и предложить решение этой проблемы.

Считаю своё исследование актуальным, поскольку многим моим сверстникам полезно взглянуть на базовые факты непосредственно, а не через толстый слой повторяемой и размножаемой информации. Это хорошая профилактика любому зомбированию.

Глава I

Гипотезы

Размышляя над проблемой выбора Ньютоном синего цвета в опыте по дисперсии света, я решил проверить несколько гипотез:

1. Синий цвет на черном фоне более заметен, чем фиолетовый, поэтому для наглядности опыта синий цвет предпочтительнее.
2. Англичане не видят разницы между синим цветом и голубым, у них есть цвет *blue*. Может быть, они не различают синий цвет и фиолетовый?
3. Какие-то побочные эффекты не позволили наблюдать отчетливую дисперсию фиолетовой части спектра.

Гипотеза 1. Синий цвет на черном фоне более заметен, чем фиолетовый, поэтому для наглядности опыта синий цвет предпочтительнее.

Для проверки этой гипотезы я воспользовался двумя интерактивными программами, работающими с цветом: *Colour Contrast Check* и *ColorScheme*.

Программа *Colour Contrast Check* (snook.ca) позволяет определять степень контрастности цветного текста на черном фоне (рис. 1). Установив интерактивную линейку *Red* в крайнее правое положение, а линейки *Green* и *Blue* в крайнее левое, я для цветового кода FF0000 по шкале RGB получил результаты яркости и контрастности 76,245 и 5,252 соответственно (Приложение 1). Аналогично был получен синий цвет (100% *Blue* без примеси *Red* и *Green*) и фиолетовый (100% *Blue*, 60% *Red* и 0% *Green*).

Colour Contrast Check

Date created: January 11, 2005
Date last modified: January 11, 2015

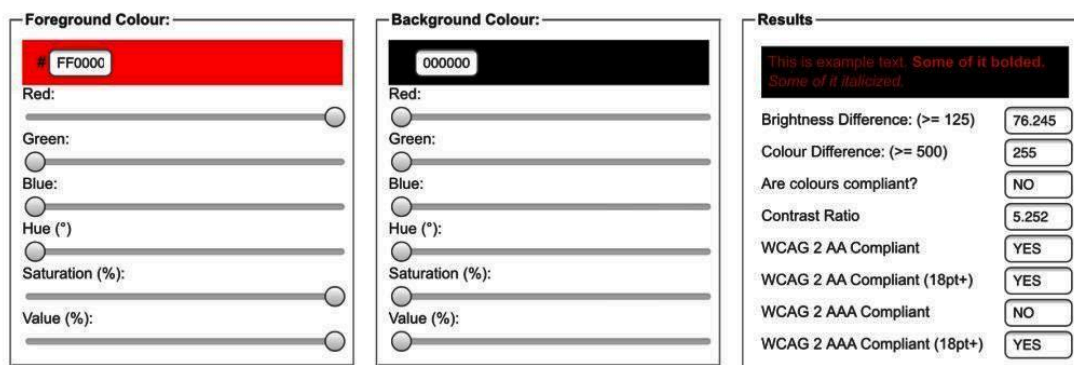


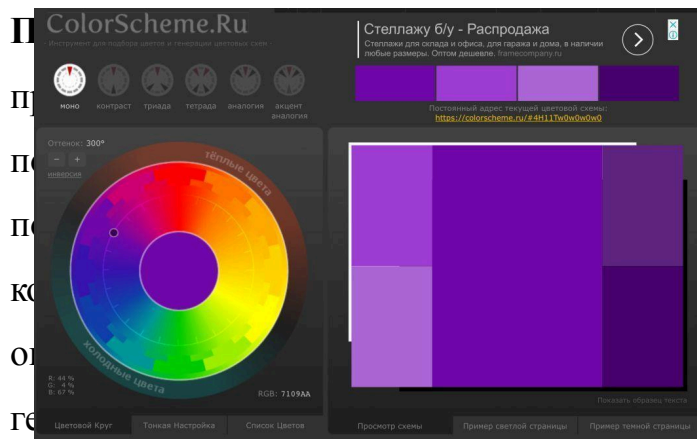
Рис. 1. Программа *Colour Contrast Check*

Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Цвет по RGB	Контрастность относительно черного фона	Различие яркости относительно черного фона (max 125)
Красный FF0000	5,252	76,245
Синий 0000FF	2,444	29,070
Фиолетовый 8D00FF	3,576	71,229

Из таблицы видно, что я получил результаты, обратные предполагаемым: не только контрастность, но и яркость относительно черного фона оказалась у фиолетового цвета выше, чем у синего.



Я решил проверить эти результаты, Программа *ColorScheme* (рис. 2)

Рис. 2. Программа *ColorScheme*

определил по цветовому кругу коды красного, синего и фиолетового цветов (Приложение 2), а затем

снова воспользовался программой *Colour Contrast Check*. Новые результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Цвет по RGB	Контрастность относительно черного фона	Различие яркости относительно черного фона (max 125)
Красный FF0000	5,252	76,245
Синий 1F1AB2	1,848	44,824
Фиолетовый 7109AA	2,321	58,450

Как видно из таблицы 2, подтверждается результат, полученный ранее. Сравним, во сколько раз отличаются контрастности синего и фиолетового цветов по данным двух таблиц.

$$K_1 = \frac{3,576}{2,444} = 1,46 \quad K_2 = \frac{2,321}{1,848} = 1,26$$

Получились достаточно близкие результаты с учетом произвольного подбора (на глаз) оттенка фиолетового цвета при работе с первой таблицей. Поэтому достоверность результатов достаточна, чтобы сделать вывод о несостоятельности первой гипотезы.

Гипотеза 2. Синий и голубой цвета в английском языке обозначаются одним словом *Blue*. Возможно, что это повлияло на смещение наименования цвета в сторону фиолетового края спектра.

У меня возник сопутствующий вопрос: если в английском языке синий и голубой – это один цвет *Blue*, то мистическое число спектральных цветов (а так же нот, планет и дней недели) – число «7» – без голубого цвета не получится. Какой же тогда цвет был назван Ньютоном в спектре взамен голубого? Может быть, это был какой-нибудь сине-фиолетовый?

При более детальном изучении этого вопроса (Wikipedia), оказалось, что цвета цветового круга систематизировались, интерпретировались и назывались по-разному со времен Ньютона и до настоящего времени. Я остановлюсь в рамках этой работы только на сравнении наименований цветов исторического круга Ньютона и цветов спектра из учебника физики. В своей книге «Оптика» Ньютон представил спектр в виде круга со следующими цветами: красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, индиго и фиолетовый (рис. 3). Если сравнить с современным русским наименованием спектральных цветов в учебнике физики, то синий цвет Ньютона будет соответствовать голубому, цвет индиго – синему (рис. 4).

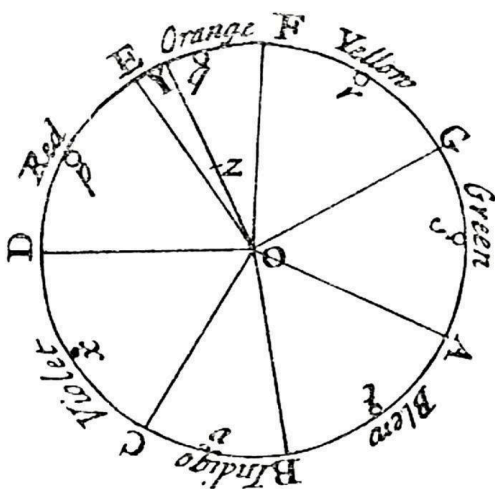


Рис. 3. Наименование цветов спектрального круга Ньютона из его «Оптики»

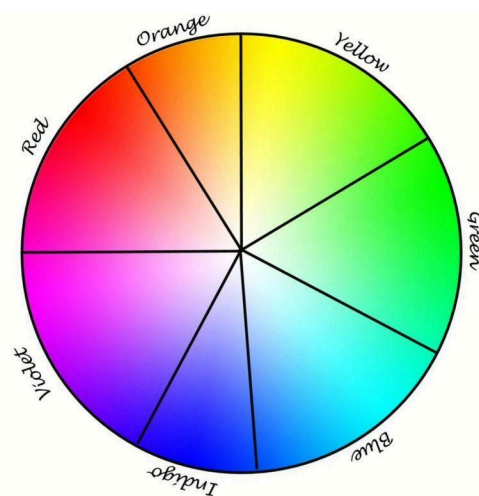


Рис. 4. Цветной вариант круга Ньютона, с наименованиями цветов.

Из рис. 3 и 4 видно, что каковы бы ни были разночтения в наименованиях синий-голубой, фиолетовый цвет присутствует у Ньютона как самостоятельный спектральный цвет. Таким образом, гипотеза о том, что языковые особенности могли как-то объяснить выбор Ньютоном синего цвета вместо фиолетового, не нашла подтверждения.

Гипотеза 3. Какие-то побочные эффекты не позволили наблюдать отчетливую дисперсию фиолетовой части спектра.

Гёте, практикуя индуктивный метод исследования природных явлений, очень критически относился к дедуктивному методу Ньютона. Сама схема научного метода: наблюдение – гипотеза – проверка опытом – создание теории, которая сегодня лежит в основе любой науки, для Гёте была неприемлема. Он отстаивал гуманитарный подход, в котором выводы основываются на ощущениях человека. Обвиняя Ньютона в том, что в своем первом опыте из «Оптики» он специально подбирает такой эксперимент, который подтверждает его утверждение, Гёте называет явление дисперсии «мнимым эффектом», а сам опыт «фокусом». Разоблачая Ньютона, Гёте обращает внимание на то, до какой степени хитроумно и даже коварно поставлен этот опыт [3].

Ньютон тщательно подбирает цвета своих прямоугольников, так чтобы возникающие призматические окаймления практически полностью сливались с окрашенными поверхностями, создавая эффект реального смещения. Чтобы явление могло хотя бы отчасти обмануть наблюдателя, красный четырехугольник должен быть окрашен киноварью, а синий должен иметь насыщенный темный оттенок, потому что будь синий прямоугольник голубым или фиолетовым, или возьми Ньютон вместо красного прямоугольника розовый или желтый, обман тотчас открылся бы [6].

Гёте обращает внимание на то, что на ньютоновском рисунке, иллюстрирующем первый опыт «Оптики», смещенные четырехугольники изображены вместе с обрамляющими их каемками, откуда следует, что Ньютон

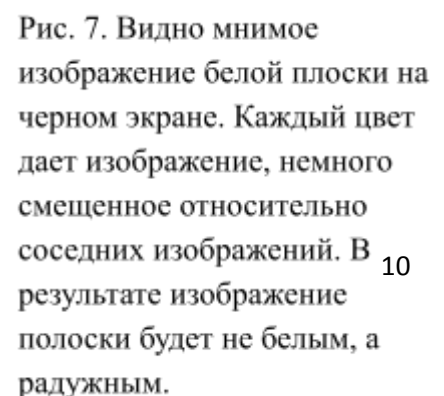
Рис. 5. Иллюстрация из «Оптики» Ньютона по дисперсии. Рядом с окном М синие полосы; в центре — сама полоска; в центре — изображение полоски при различных положениях преломляющего угла призма. Изображение полоски с краемками более

такой необходимый в точных науках инструмент как моделирование.

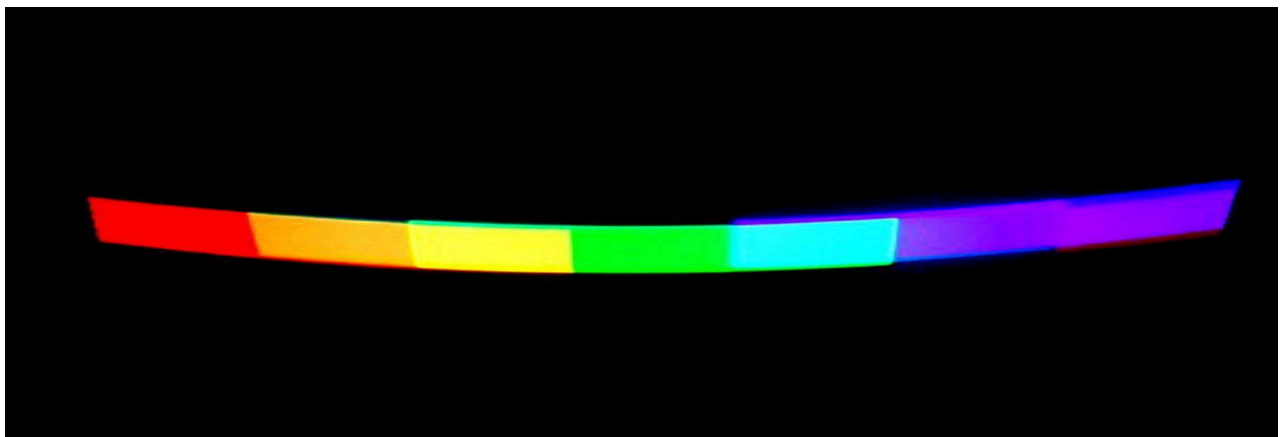
...из этих опытов не следует, что весь свет от синей половины преломляется больше, чем свет красной половины; оба они составлены из лучей различной преломляемости, так что в красной половине есть лучи менее преломляемые, чем лучи синей половины, а в синей половине есть лучи не более преломляемые, чем некоторые лучи красной половины, но таких лучей в отношении ко всему свету очень мало; они уменьшают успех опыта, однако не в состоянии его совершенно расстроить[4].

Наблюдение дисперсии. Я рассматривал сквозь 60-градусный угол стеклянной

Рис. 8. Вид сепаратора воздуха в фазовой ячейке



синей и фиолетовой частей. Рассматривая ее сквозь 60-градусный угол призмы, я обратил внимание на взаимное расположение соседних частей изображения (рис. 9).



Следующий за красным оранжевый «кусоч» имеет «примесь» красных и желтых лучей, что проявляется в их различном преломлении: желтые преломленные лучи собираются сверху в виде тонкой желтой каемки, а красные – в виде более широкой красной каемки. Аналогично можно проанализировать все остальные части. Особое внимание я обратил на сине-фиолетовые области. Синие лучи присутствуют в голубой, синей и фиолетовой частях. Об этом говорит единая для всех трех частей синяя каемка наверху. Красные лучи присутствуют в большей степени в фиолетовой части полосы. Об этом говорит темно-красная каемка внизу. Таким образом, общий сдвиг вверх фиолетовой части полосы над красной практически сводится к сдвигу вверх синей части полосы над красной.

Вывод: для демонстрации и измерения дисперсии в данном опыте достаточно составить полосу не из семи, а только из двух частей: красной и синей.

Заключение

Результаты

- Выбор Ньютоном синего цвета для половины полосы в его первом опыте по дисперсии не определялся соображением контрастности: контрастность фиолетового цвета на черном фоне больше, чем синего.
- Языковыми особенностями английского языка (разночтения в наименовании синего и голубого цветов) также нельзя объяснить выбор синего цвета вместо фиолетового. Фиолетовый цвет присутствует у Ньютона как самостоятельный спектральный цвет.
- Проведенный мной опыт Ньютона по дисперсии света, в котором красно-синяя полоска была заменена на полосу, составленную из семи спектральных цветов, показал, что для демонстрации и измерения дисперсии в данном опыте достаточно составить полосу не из семи, а только из двух частей: красной и синей.

Выводы

Планируя опыт по демонстрации различной степени преломления лучей разного цвета Ньютон, вероятно, учитывал следующие обстоятельства:

- Цветные каемки на изображениях невозможно устранить, если использовать падающие на призму цветные лучи, отраженные от поверхностей, покрытых красочным слоем. По словам Ньютона «они составлены из лучей различной преломляемости, так что в красной

половине есть лучи менее преломляемые, чем лучи синей половины, а в синей половине есть лучи не более преломляемые, чем некоторые лучи красной половины, но таких лучей в отношении ко всему свету очень мало» [4]. Если бы на призму падали монохроматические лучи, то цветных каемок на изображениях не было бы.

- Фиолетовую краску получают смешиванием красной и синей.

Окрашенная фиолетовой краской бумага испускает красные и синие лучи. Эту смесь красного и синего человеческий глаз воспринимает как фиолетовый цвет. Ньютон знал, что в опыте призма выявит сложный состав «красочного» фиолетового и вместо ожидаемой на экране фиолетовой части он увидит сине-красную. Поэтому он и взял для опыта краску, содержащую больший процент синих лучей, т.е. синюю. *«Бумага была очень черной, краски были интенсивными и наносились толстым слоем для того, чтобы явление могло быть более отчетливым» [4].*

Источники информации

1. academia.edu
2. Белова М. Оптика. Учебник для гимназии. – Таллин.: Колибри, 2009
3. Гёте И.В. Учение о цвете. Теория познания. – М.: Либроком, 2011
4. Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. Пособие. – М.: Высшая школа, 1989
5. Железняков В. Цвет и контраст. Технология и творческий выбор. ВГИК, 2000
6. Месяц С.В. Гёте и Ньютон: спор о цвете // Интеллектуальные традиции в прошлом и настоящем. №2. М.: Аквилон, 2014.

7. Мякишев Г., Буховцев Б., Чаругин В. Физика. 11 класс. Учебник для общеобразовательных организаций. – М.: Просвещение, 2014
8. Newton I. Optics: or, a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light. London, 1721 / ruit.me
9. Wikipedia /ru.m.wikipedia.org

Приложения

Приложение 1

Программа *Colour Contrast Check*: данные для таблиц 1 и 2

Colour Contrast Check

Date created: January 11, 2005
Date last modified: January 11, 2015

Foreground Colour:	Background Colour:	Results
# FF0000 Red: Green: Blue: Hue (°): Saturation (%): Value (%):	000000 Red: Green: Blue: Hue (°): Saturation (%): Value (%):	This is example text. Some of it bolded. Some of it italicized. Brightness Difference: (>= 125) 76.245 Colour Difference: (>= 500) 255 Are colours compliant? NO Contrast Ratio 5.252 WCAG 2 AA Compliant YES WCAG 2 AA Compliant (18pt+) YES WCAG 2 AAA Compliant NO WCAG 2 AAA Compliant (18pt+) YES

Colour Contrast Check

Date created: January 11, 2005
Date last modified: January 11, 2015

Foreground Colour:	Background Colour:	Results
0000FF Red: Green: Blue: Hue (°):	000000 Red: Green: Blue: Hue (°):	This is example text. Some of it bolded. Some of it italicized. Brightness Difference: (>= 125) 29.07 Colour Difference: (>= 500) 255 Are colours compliant? NO Contrast Ratio 2.444

Colour Contrast Check

Date created: January 11, 2005
Date last modified: January 11, 2015

Foreground Colour:

8D00FF

Red:

Green:

Blue:

Hue (°)

Saturation (%):

Value (%):

Background Colour:

000000

Red:

Green:

Blue:

Hue (°):

Saturation (%):

Value (%):

Results

This is example text. **Some of it bolded.**
Some of it italicized.

Brightness Difference: (≥ 125)	71.229
Colour Difference: (≥ 500)	396
Are colours compliant?	NO
Contrast Ratio	3.576
WCAG 2 AA Compliant	NO
WCAG 2 AA Compliant (18pt+)	YES
WCAG 2 AAA Compliant	NO
WCAG 2 AAA Compliant (18pt+)	NO

Colour Contrast Check

Date created: January 11, 2005
Date last modified: January 11, 2015

Foreground Colour:

1F1AB2

Red:

Green:

Blue:

Hue (°)

Saturation (%):

Value (%):

Background Colour:

000000

Red:

Green:

Blue:

Hue (°):

Saturation (%):

Value (%):

Results

This is example text. **Some of it bolded.**
Some of it italicized.

Brightness Difference: (≥ 125)	44.823
Colour Difference: (≥ 500)	235
Are colours compliant?	NO
Contrast Ratio	1.848
WCAG 2 AA Compliant	NO
WCAG 2 AA Compliant (18pt+)	NO
WCAG 2 AAA Compliant	NO
WCAG 2 AAA Compliant (18pt+)	NO

Colour Contrast Check

Date created: January 11, 2005

Date last modified: January 11, 2015

Foreground Colour:	Background Colour:	Results
# 7109A9 Red: Green: Blue: Hue (°): Saturation (%): Value (%):	000000 Red: Green: Blue: Hue (°): Saturation (%): Value (%):	This is example text. Some of it bolded. <i>Some of it italicized.</i> Brightness Difference: (>= 125) 58.45 Colour Difference: (>= 500) 292 Are colours compliant? NO Contrast Ratio 2.321 WCAG 2 AA Compliant NO WCAG 2 AA Compliant (18pt+) NO WCAG 2 AAA Compliant NO WCAG 2 AAA Compliant (18pt+) NO

Приложение 2

Программа *ColorScheme*: данные для таблицы 2

ColorScheme.Ru

Инструмент для подбора цветов и генерации цветовых схем

моно

контраст

триада

тетрада

аналогия

акцент

аналогия

Стеллажу б/у - Распродажа

Стеллажи для склада и офиса, для гаража и дома, в наличии любые размеры. Оптом дешевле. [framescompany.ru](#)

Постоянный адрес текущей цветовой схемы:
<https://colorscheme.ru/#4111Tw0w0w0w0>

Оттенок: 257°
инверсия
R: 12 %
G: 10 %
B: 70 %
RGB: 1F1AB2

Цветовой Круг

Тонкая Настройка

Список Цветов

Просмотр схемы

Пример светлой страницы

Пример темной страницы

ColorScheme.Ru

Инструмент для подбора цветов и генерации цветовых схем

моно

контраст

триада

тетрада

аналогия

акцент

аналогия

Стеллажу б/у - Распродажа

Стеллажи для склада и офиса, для гаража и дома, в наличии любые размеры. Оптом дешевле. [framescompany.ru](#)

Постоянный адрес текущей цветовой схемы:
<https://colorscheme.ru/#0011Tw0w0w0w0>

Оттенок: 0°

Цветовой Круг

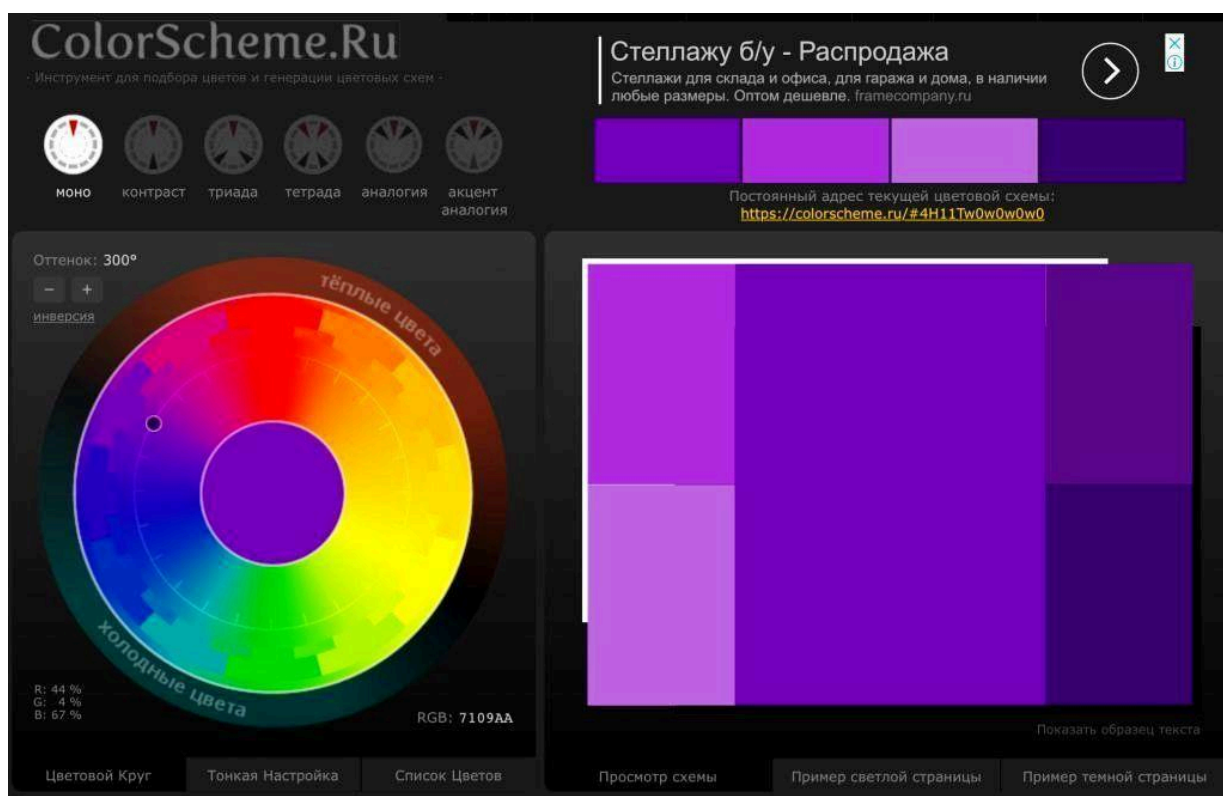
Тонкая Настройка

Список Цветов

Просмотр схемы

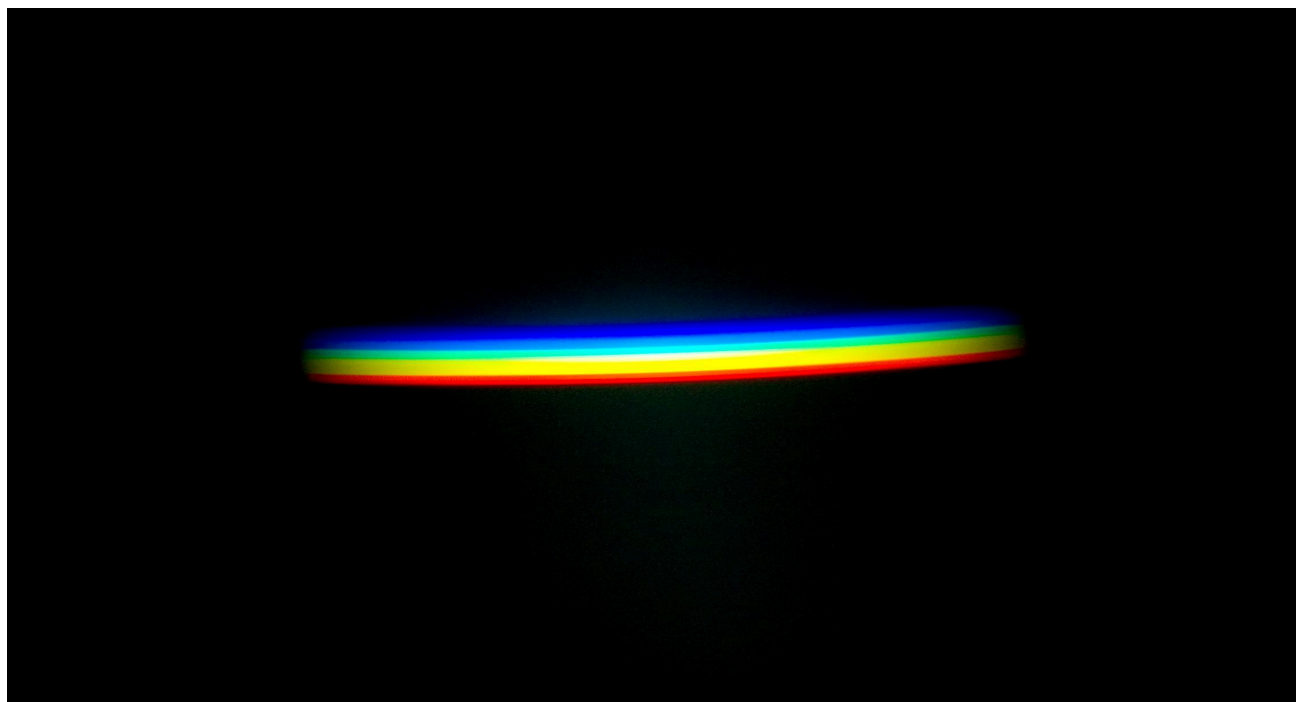
Пример светлой страницы

Пример темной страницы



Приложение 3

Наблюдение дисперсии: снимок экрана



Приложение 4

Сравнение дисперсии красной и синей частей спектра: снимок экрана

