

# УДИВИТЕЛЬНЫЕ ФЛОМАСТЕРЫ

У нас в лаборатории есть три фломастера – красный, зелёный и синий. Подумаешь, скажете вы. Таких фломастеров у любого школьника целая куча найдётся. Не спешите. Наши фломастеры довольно необычные, если не сказать – удивительные.

Возьмём лист белой бумаги и нарисуем на нём что-нибудь каждым фломастером. Например, буквы. Красным фломастером – букву «К», зелёным – «З», а синим, понятное дело, «С». Буквы при этом получаются совершенно правильных цветов – посмотрите на фотографию справа.



Ну да, опять-таки скажете вы, по-другому и быть не может. Красный фломастер на то и красный, чтобы оставлять красные линии, так же как зелёный – зелёные, а синий – синие. Что тут удивительного-то?

Удивительное начнётся, если взять тёмную матовую дощечку и порисовать этими фломастерами на ней. На фотографии справа показано, что при этом получается. Буква «К», нарисованная красным фломастером, оказывается жёлто-зелёной! Зелёный фломастер оставляет на дощечке синюю букву «З», а синий – красную букву «С». Трудно поверить, что буквы на фотографии нарисованы



именно этими фломастерами, но это действительно так, честное слово!

Может быть, дело в каких-то особых свойствах нашей дощечки? Нет, опыт показывает, что удивительное изменение цвета наблюдается при рисовании на любой тёмной поверхности. Можно взять чёрную бумагу, ткань, пластик – на всех них линии, проведённые красным фломастером, выглядят зелёными, зелёным – синими, а синим – красными.

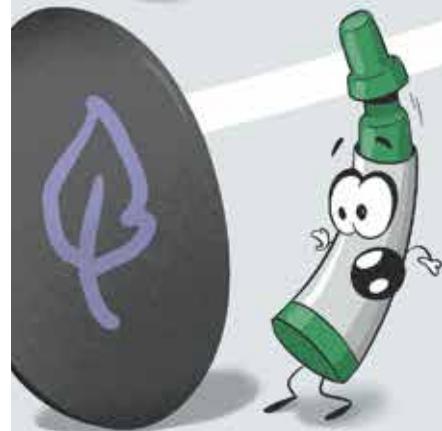
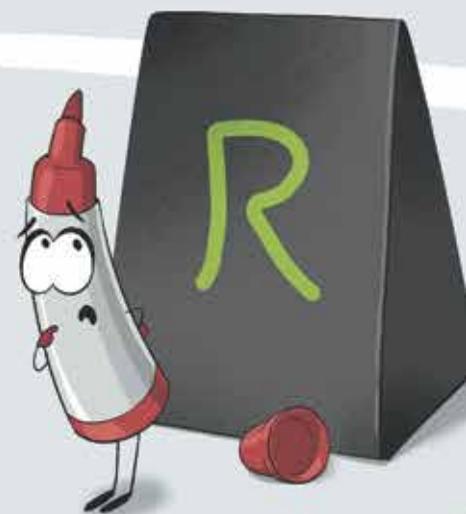
Чтобы разобраться в этом явлении, заметим, что в белом (неокрашенном) свете примерно в равных количествах смешаны все цвета радуги. Первым этот факт установил английский учёный Исаак Ньютон. Ему удалось разделить луч белого света на составляющие его цвета, пропустив этот луч через стеклянную призму. Такое же расщепление на цвета происходит при образовании радуги – из-за прохождения солнечного света через капельки воды, которыми насыщен воздух после дождя.

Теперь разберёмся, как возникает окраска предметов. У света, падающего на поверхность какого-либо тела, есть, вообще говоря, три возможности. Он может:

- а) поглотиться – свет при этом просто исчезает в веществе, его энергия переходит в тепло;
- б) пройти тело насквозь; оконное стекло, например, свет пропускает почти полностью – поэтому оно и выглядит прозрачным;
- в) отразиться.

В последнем случае, если поверхность очень гладкая (отполированная), свет отражается от неё как от зеркала – в определённом направлении. На такой поверхности, если присмотреться, всегда можно увидеть отражения ярких предметов. Если же поверхность шероховатая (матовая), она будет отражать свет во все стороны. Такое отражение называется *диффузным*, или *рассеянным*. Чем больше света отражает (рассеивает) предмет, тем более светлым он будет выглядеть.

А теперь – самое главное. Сколько света отразится, сколько пройдёт насквозь и сколько поглотится – зависит, конечно, от тела, на которое он упал. Но для любого тела эти «сколько» зависят и от цвета падающего света.



Посмотрим на лист красной бумаги. Почему мы видим его именно красным? Потому, что из всего падающего на него света он отражает (рассеивает) в основном красный – он и приходит к нам от его поверхности. Остальные цвета этот лист поглощает (рис. 1). Зелёная трава имеет именно такой цвет, потому что содержащийся в ней пигмент хлорофилл поглощает синий и красный свет (используя их энергию для фотосинтеза), а зелёный свет отражает.

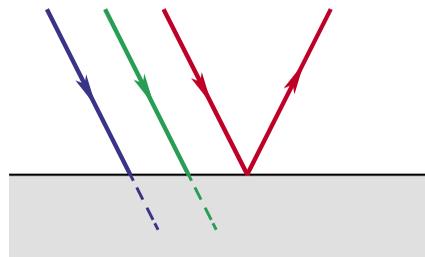


Рис. 1. Красный лист бумаги

Но свой «естественный» цвет эти тела будут иметь, только если они освещены светом, в составе которого есть нужные цвета, например белым (там все цвета есть). А вот если красный лист осветить чисто зелёным светом – он покажется чёрным! Отражать он готов только красный свет, а его ему не дают. Вот он ничего и не отражает, что означает чёрный цвет (отсутствие света).

Белый предмет, например лист обычной бумаги, отражает примерно одинаково свет любого цвета. Не полностью, часть он поглощает, но, опять-таки, поровну все цвета. Но белым он будет только при освещении белым светом. Если же осветить его светом окрашенным, лист бумаги будет иметь тот же цвет, что и падающий на него свет (подумайте сами – почему).

А теперь представим себе кусочек красного стекла. Он имеет тот же цвет, что и красный лист бумаги, но – в совершенно другом смысле! Стекло выглядит красным, когда мы смотрим *сквозь* него. При этом в наш глаз попадает прошедший свет. Значит, оно не отражает красный свет, а пропускает его, остальные цвета – по-

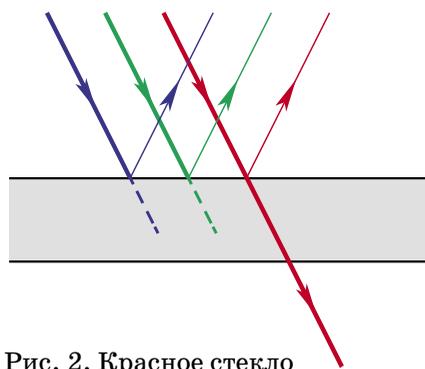
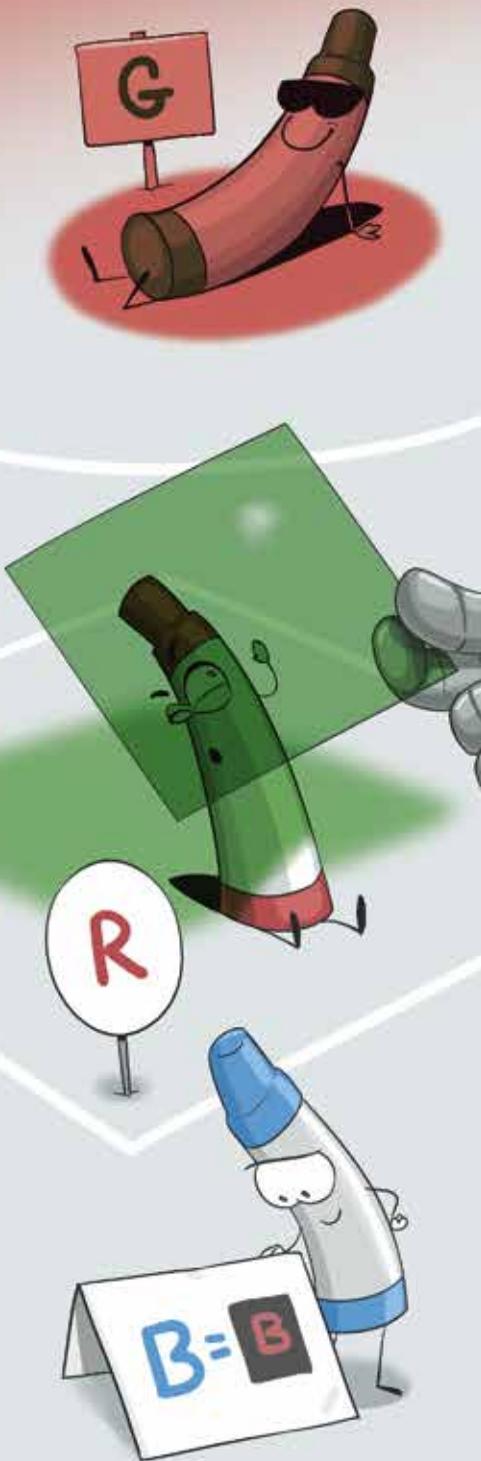


Рис. 2. Красное стекло



глощает (рис. 2). Про такие предметы говорят, что они красные на просвет.

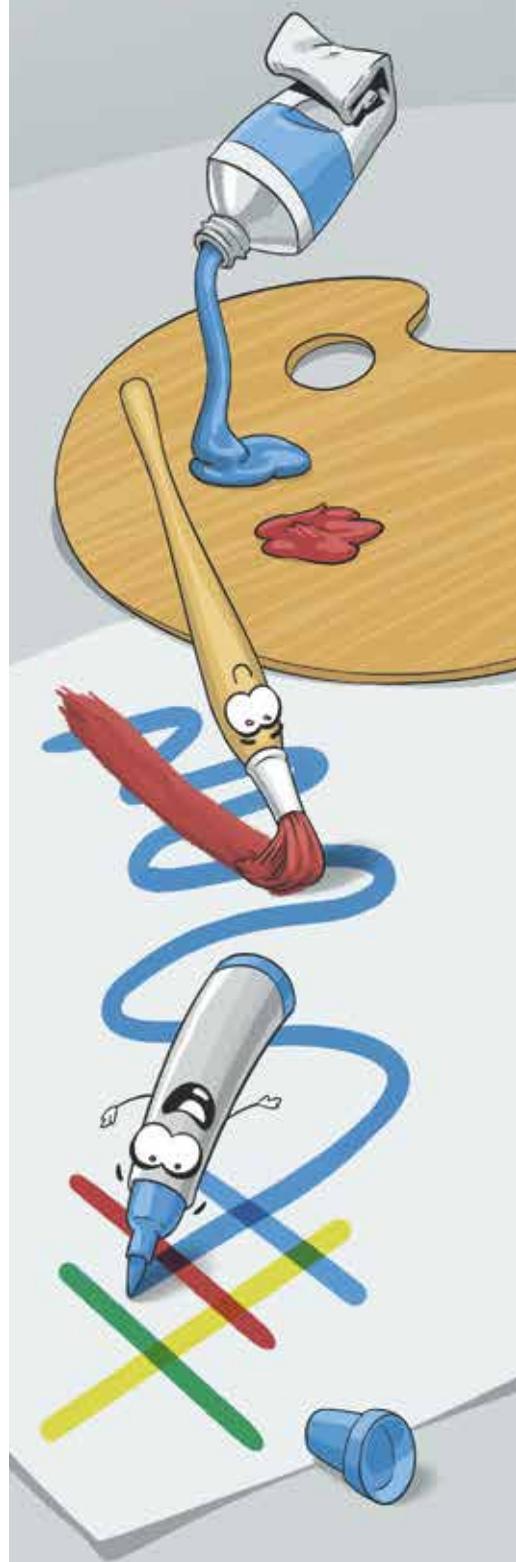
Нет, некоторое количество света (совсем немного, около 5% по энергии) стекло отражает. В нём можно поймать глазом блик – отражение яркого предмета. Но если посмотреть на отражение, например лампы, можно увидеть, что оно никак не окрашено – выглядит точно так же, как и сама лампа. Значит, стекло отражает все цвета одинаково. В отражённом свете оно будет белым, точнее, бесцветным.

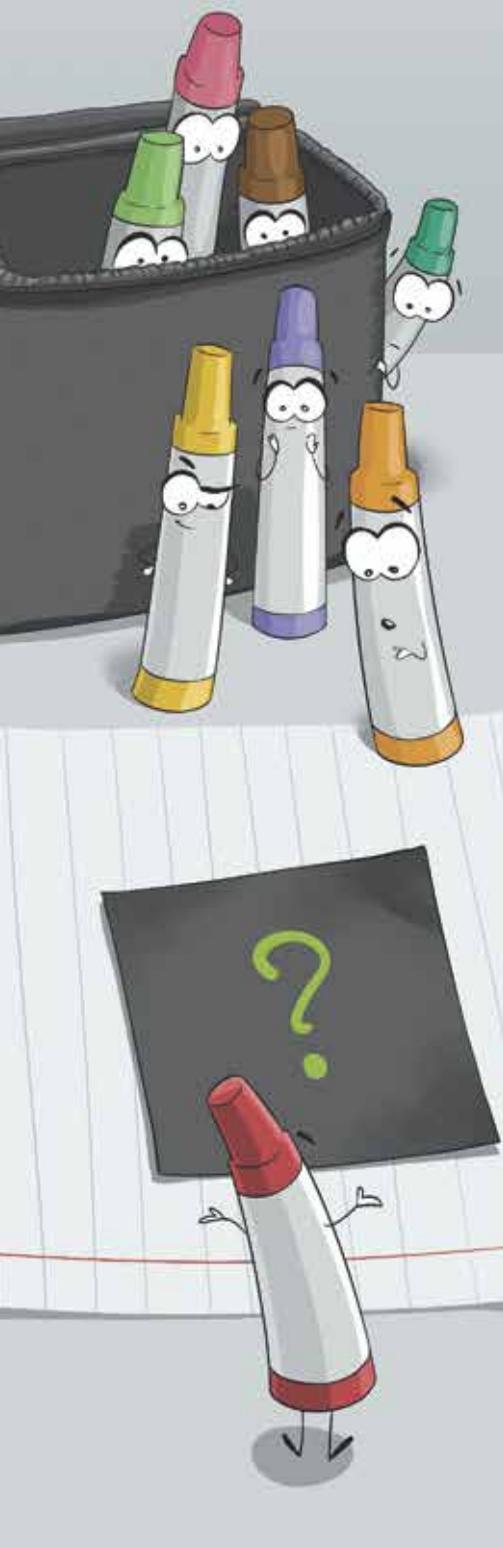
Попробуйте теперь решить такую задачу.

1. Школьник Вася получил на уроках две оценки – пятёрку и двойку. Обе оценки учитель поставил Васе в дневник, причём пятёрку он написал синей ручкой, а двойку – красной. Вечером Васина мама попросила сына показать дневник. Дневник был предъявлен, но Вася предложил посмотреть в него через красное стекло. Ну, просто из интереса. Что увидит в дневнике сына мама хитрого Васи?

Ну а теперь можно вернуться и к нашим фломастерам. Красители, придающие цвет краскам, чернилам, пасте шариковой ручки и т.п., бывают двух типов. Первый из них работает на отражении света. Красная масляная краска, например, отражает только красную часть падающего на неё света, остальной свет поглощает. Такая краска наносится довольно толстым слоем, поэтому цвет поверхности, на которую она нанесена, совершенно неважен. Свет, вошедший в краску, до этой поверхности всё равно не дойдёт – поглотится почти полностью.

Красители же второго типа работают на пропускании света, как красное стекло. Содержащая их краска наносится тонким слоем. Падающий свет проходит сквозь этот слой, при этом часть его поглощается. Если краситель хорошо поглощает все цвета, кроме красного, то до поверхности, на которую нанесена краска, дойдёт в основном красный свет. От этой поверхности он отразится, ещё раз пройдёт через краску (став ещё более красным) и только после этого попадёт в наш глаз. Отсюда понятно, что для таких красок очень важен цвет фона, на который они нанесены.





Отражают ли свет подобные краски? Да, и отражённый от них свет, как правило, окрашен (в отличие от света, отражённого стеклом). Но отражение у них довольно слабое, и в обычной ситуации этот свет незаметен на фоне света, дважды прошедшего через слой краски.

Теперь вы, наверное, уже поняли, в чём секрет наших фломастеров. Красители, содержащиеся в них, – второго типа. Цвет линии, проведённой красным фломастером на белой бумаге, образуется ровно так, как написано выше. Сквозь слой краски до бумаги доходит красный свет, остальной свет краситель поглощает. Бумага отражает (рассеивает) его назад, она ведь белая – готова отражать свет любого цвета. После этого он ещё раз проходит через краску, освобождается от остатков других цветов и попадает в наш глаз (рис. 3). А вот если линия проведена на тёмной матовой поверхности, никакого отражения не происходит – дошедший до неё красный свет просто поглощается (рис. 4). И что же мы видим, когда смотрим на такую линию? Мы видим свет, отражённый поверхностью краски, который раньше не был заметен на фоне яркого света, рассеянного белой бумагой. И он получается зелёным – именно его, оказывается, отражает краситель красного фломастера! Краситель зелёного фломастера отражает синий свет, а синего – красный, поэтому на тёмной дощечке буквы «З» и «С» имеют именно эти цвета.

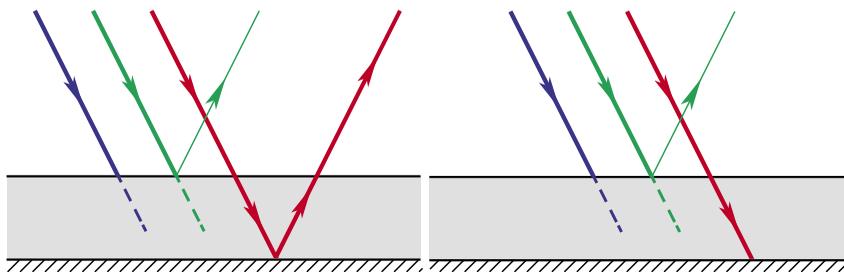


Рис. 3. Красный фломастер на белой бумаге

Рис. 4. Красный фломастер на тёмном фоне

То же самое явление можно наблюдать и без тёмной дощечки.

2. Возьмите обычную шариковую ручку, например синюю. На листе белой бумаги нарисуйте ею небольшой квадратик и закрасьте его. Только закрасьте густо, в несколько слоёв. Посмотрите на квадратик. На первый взгляд он выглядит даже не синим, а просто чёрным. А теперь расположите бумагу так, чтобы поймать глазом блик – отражение в квадратике какого-нибудь яркого предмета (лампы или освещённого окна). Этот блик – красный! Попробуйте сами понять, что происходит в этом случае.

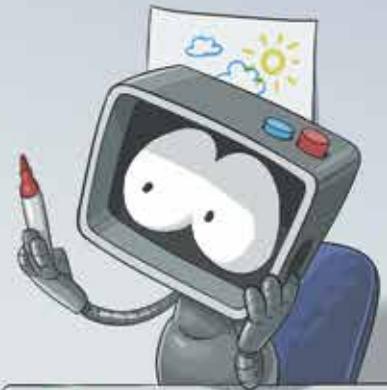
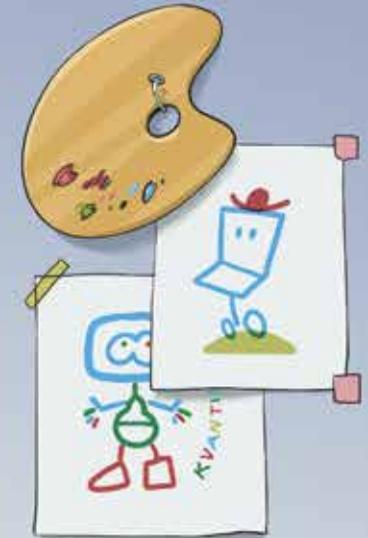
Это будет второй вопрос. И – третий вопрос.

3. Возьмём наш фломастер (красный) и проведём им линию на поверхности толстого стекла. Поместим за стеклом какой-нибудь чёрный предмет, чтобы свет на него падал с нашей стороны, а не с противоположной. Если теперь посмотреть на след от фломастера (только не *перпендикулярно* поверхности стекла, а под углом), то вместо одной линии мы увидим две, причём одна из них будет красной, а другая – жёлто-зелёной. Посмотрите на фотографию (на ней вторая линия получилась просто жёлтой – видимо, из-за неудачного освещения). Что это за две линии? Почему у них такие цвета?



Ответы мы дадим в следующем номере журнала.  
Желаем успеха!

Фото автора



Художник Мария Усеинова