

ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ

Александр Бердников

ГЛА́ЗА цвета НЕБА

Обычно окраска предметов возникает таким образом. На них падает белый свет. Белый свет – это смесь разнообразных «чистых» цветов. Каждый предмет какие-то из них поглощает, а какие-то отражает. Упал белый свет на лист дерева – отразился только зелёный, поэтому мы видим лист зелёным. Но так бывает не всегда – например, цвет неба возникает иначе. Об этом мы и поговорим.

Начнём с примера, который легко сделать дома и с которым легко экспериментировать.

Опустите в банку с водой кусочек мыла и понемногу растворяйте его, пока вода не станет мутно-голубоватой. Цвет будет хорошо заметен, если смотреть сквозь бутылку на чёрный фон (фото 1, а). Помимо мыльной воды сгодится сильно разбавленное молоко.

Чем интересна мыльная вода? При взгляде сбоку она кажется голубоватой. Но посмотрите через бутылку на свет – жидкость, будто прозрачный янтарь, окрасится в оранжевые оттенки (фото 1, б).

Такая картина напоминает небо. Оно тоже бывает то голубое днём, то красное на рассвете или закате. Цвет неба – это цвет освещённого солнцем воздуха (атмосферы), который мы видим на фоне чёрного космоса. Воздух, конечно, прозрачнее нашего «неба в бутылке». Его цвет становится заметен, только если смотреть сквозь многокилометровую толщу. При взгляде на далёкий ландшафт заметно, что с удалением он становится синеватым, а затем всё более светлым и однотонным (см. рисунок на полях). На самом деле, это не цвет ландшафта (горы на рисунке покрыты зелёным лесом), а цвет воздуха, сквозь который вы смотрите. При такой толщине его синеватый оттенок уже заметен.

Как же получается, что и у бутылки, и у неба такой переменчивый цвет? Давайте разбираться.



Фото 1 а)

б)

ПРОЗРАЧНОЕ КРОШЕВО БЕЛОГО ЦВЕТА

Начнём с мыльной воды. Мыло в ней собирается в микроскопические шарики. В молоке тоже есть отдельные частички: капельки жира и белковые шарики, плавающие в остальном растворе. Может, окраску создают эти частички? В таком объяснении есть проблема: если мы видим просто цвет шариков, то как же они одновременно дают и голубую, и жёлтую окраску раствора?

Может, дело в том, что шариков много? Иногда количество имеет значение: например, отдельные кристаллики сахара (фото 2) или снежинки (фото 3) прозрачны, но их куча выглядит уже не прозрачной, а белой. Почему? Когда на кучу сахара или снега попадают лучи света, они очень много раз отражаются и преломляются в частичках и вылетают из кучи практически во всех направлениях. Это и значит быть белым: белые предметы отражают одинаково во все стороны свет любых оттенков.



Фото 2. Кристаллики сахара

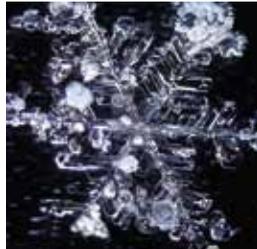


Фото 3. Снежинка

ИСТОЧНИК ОТТЕНКОВ

Мы разобрались, как себя ведёт свет, если встречает множество прозрачных крошек: прозрачность теряется, но новых цветов не появляется. Так получаются белыми облако или пар, состоящие из капелек воды, или дым, состоящий из частичек сажи...

А вот здесь уже начинаются чудеса. Если частички дыма достаточно малы (меньше миллионной доли сантиметра), он приобретает голубоватый цвет, а тень за ним, наоборот, становится рыжеватой (фото 4). То есть свет, пройдя сквозь дым, краснеет. Похожим образом вели себя мыльная вода и разведённое молоко. Может быть, всё дело в размере частичек: достаточно мелкие частицы голубую часть света



Фото 4



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ

отражают во все стороны, а оранжевую не трогают? Тогда бы как раз вышло, что сбоку мы видим рассеянный частичками синий цвет, а сам источник света сквозь них выглядел бы краснее обычного.

Примерно так на самом деле и есть: **если частичка достаточно мала, она сильно рассеивает те цвета, которые посинее, а те, что покраснее, — рассеивает слабо и больше пропускает без изменений.** Этот закон называется законом рассеяния Рэлея, он и отвечает за изменчивость цвета неба, мыльной воды... (сложное объяснение этого закона мы оставим учебникам).

А что же с небом, что летает в нём, порождая его синий цвет? Молекулы самого воздуха, беспорядочно двигаясь, на мгновения образуют как бы «частички» — места, где плотность воздуха немного больше (молекулы сбились в кучку) или меньше (разбежались). Такие неоднородности, да и возможные пылинки, светят нам с неба синей частью света солнца. Прямой свет солнца, чуть растеряв синеву, немного желтеет.

На закате свету солнца приходится преодолевать гораздо больший слой атмосферы, так как он идёт по касательной к поверхности Земли. В результате до нас доходит только самый живучий, не сворачиваемый с пути цвет — красный или даже пунцовый. Красным становится не только солнце, но и слои воздуха около горизонта, потому что доходит до них лишь красный свет. В верхних слоях, где воздух разреженней, рассеяние меньше, и там небо остаётся синим.

Смог в воздухе усиливает рассеяние, и солнце может стать красным и далеко от горизонта — как на фото 5.



Фото 5

ГЛАЗА

Осталась одна тема, которую мы пока не затронули — голубые глаза. Тёмный цвет глаз получается обычным образом. Цвет темнее, если в радужке глаза больше

красящего вещества – пигмента меланина. Меланины часто определяют цвет кожи, шерсти, перьев животных, окрашивая их в тёмные коричневые и жёлтые цвета, как обычная краска. А вот в голубых глазах пигмента нет в передней части радужки, отвечающей за цвет глаз. Откуда тогда берётся их цвет?

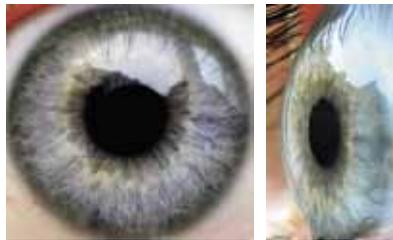
Прочитав всё предыдущее, вы заподозрите, что в радужке голубого глаза должны быть какие-то мелкие тельца. Так и есть, виновники голубого цвета – бесцветные волокна белка коллагена.

Если эти волокна редки, а меланин есть только на заднем слое радужки, делающем его непрозрачным, то глаз имеет синий цвет. Такой цвет глаз обычно бывает у многих светлокожих младенцев: волокна ещё очень редки, меланина нет в помине. Только к годовалому возрасту пигмент начинает заметно выделяться, и глаза темнеют.

Если волокон больше, глаз становится голубого цвета или серого. Будто вы смотрите сквозь большую толщу воздуха на дальнюю гору: синяя дымка становится белёсой.

Различные пигменты могут придать глазу чёрный, коричневый, янтарный цвет. В сочетании с голубым отсветом волокон может получиться болотный или редкий зелёный цвет.

Тут хочется упомянуть такой неожиданный опыт. Поймите голубоглазого человека – он будет испытуемым. Посмотрите на его глаз сначала «в лоб», а затем сбоку (фото б), следя за цветом радужки. Она немного изменит цвет и посветлеет!



а) б)

Фото 6

Кстати, синий цвет получается без помощи пигмента не только у человека и не только в глазах. Такой способ синей окраски довольно распространён в живой природе.

ЗАДАЧИ

Наверное, можно уже передохнуть от этой синевы и остановить наш рассказ. На закуску оставляем читателю несколько вопросов.

1. Часто можно заметить, что некоторые облака (несмотря на яркое солнце и середину дня) имеют лёгкий кремовый оттенок (наиболее дальние на рисунке на полях). Как это объяснить?



ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ

2. Скорее всего, если вы видели низко стоящую луну, она была слегка жёлтого цвета. Однако солнце на закате часто окрашивается в густой красный цвет. Откуда такое неравноправие?



Фото 7

3. Широко известна ситуация, когда луна краснеет, даже высоко над горизонтом (фото 7). Это происходит при лунном затмении, когда тень от Земли падает на Луну. Почему луна краснеет в этом случае?

ДОПОЛНЕНИЕ: КАК ВОССТАНОВИТЬ ПРОЗРАЧНОСТЬ

Глядя на сахар или снег, сложно поверить, что они состоят из прозрачных частичек. Убедить себя в этом вам помогут следующие опыты. Если сахар или снег смочить холодной водой, их куча станет однородней: вода не так сильно отличается (оптически) ото льда и сахара, как воздух. Куча теперь выглядит как единое прозрачное тело, хотя всё ещё неоднородное.

Бумагу тоже можно сделать слегка прозрачной, если смочить водой или маслом (см. фото 8). В случае с водой главное – выдавить воздух, чтобы вода его полностью заместила. Бумага состоит из прозрачных волокон целлюлозы, но на воздухе из-за их большого количества выглядит белой, подобно куче сахара.

Сложнее всего будет с молоком. Оно непрозрачно из-за капелек жира – у него с водой оптические свойства различны (вклад белковых шариков в непрозрачность невелик). Но если мы растворим в молоке сахар, показатель преломления этого сиропа увеличится и станет таким же, как и у жира.

Налейте чуть-чуть воды (не более трети!) в прозрачную баночку и понемногу растворяйте в ней молоко. Остановитесь, как только жидкость станет непрозрачной (фото 9 а). Теперь растворяйте там же сахар. Его потребуется много, примерно столько же, сколько было раствора. Сахар легче растворяется, если жидкость хорошенько подогреть. Через достаточно концентрированный «коктейль» не составит труда читать текст (фото 9 б).

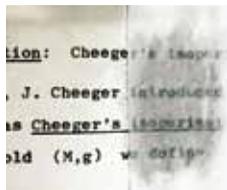


Фото 8



а)



Фото 9

б)