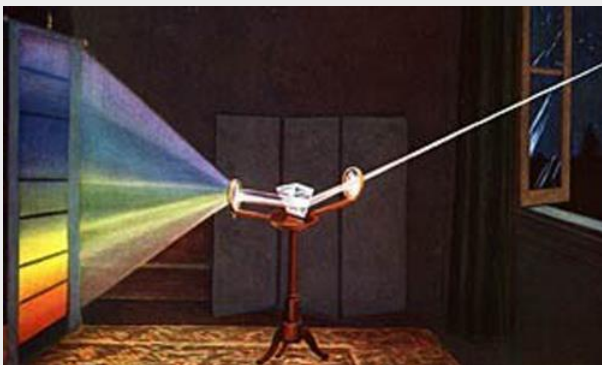


Відомості про фізичну природу світла та кольору

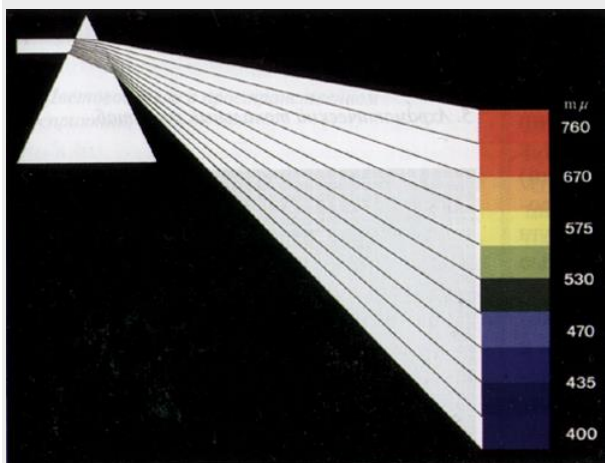
Всі кольори є наслідком дії світла — сонячне світло є першою умовою, щоб створити враження кольору, головне світло в природі. Все те, що ми навколо бачимо, всі ті кольори, видима форма предметів є результатом сонячного освітлення, бо світло — це фізична об'єктивна причина зорових вражень, що різняться за інтенсивністю та кольором. Якщо бракує світла, то постає враження чорного. Колір предмету — це та фарба, котру він відбиває, поглинаючи всі інші. Згідно Ньютону, чорна фарба — відсутність будь-якого кольору, біла — сума всіх кольорів. Фізичне поняття "абсолютно чорне тіло" умовне. Такий об'єкт повністю поглинає всі падаючі на нього промені будь-якої довжини хвилі і вже не відпускає їх назад. Таке тіло абсолютно невидиме, тому що ні один промінь світла від нього не відбивається та не попадає в очі. В природі таких тіл не має — це недосягнений ідеал. Реальні тіла хоч трохи відображають та поглинають світло. Найчорніші бархат і сажа. Більшість всіх предметів і об'єктів, що ми бачимо та зображаємо, мають колір тільки завдяки світлу, яке на них падає. З фізичної точки зору колір поверхні є складом відбитого від предмету світлового потоку.

Спектр. Попадаючи на будь-яку поверхню, промінь світла (сонячного або штучного) має великі зміни: заломлюється, розкладається на частки, частково поглинається або відбивається. Пучок сонячного світла, проходячи скрізь тригранну скляну призму та направлений на білий екран, утворює на ньому різнокольорову смугу, яка має назву спектр, що в перекладі з латинської означає "видиме". Розклад світла через призму називається дисперсією.



Спектр складається з дуже великої кількості хвиль різної довжини (червоні — найдовші, фіолетові — найкоротші). У спектрі білого сонячного світла умовно

розподіляють 7 основних кольорів: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, блакитний, синій та фіолетовий.



Утворення спектральної смуги

Зібравши всі кольорові промені спектру в один у лабораторних умовах, дістанемо знову білого кольору (безбарвного сонячного проміння). Спектр зображують у вигляді кольорових смуг, які зливаються одна з одною, або у вигляді круга, поділеного на сектори за кількістю променів, які чітко розрізняються в спектрі і зафарбовані так, як і в спектральному ряді. В оптичній області кожній довжині хвилі відповідає відчуття будь-якого кольору. Кольори спектру завжди знаходяться у визначеній послідовності та мають поступові переходи, вони не розкладаються на інші кольори, тому їх називаємо колірними елементами. Коли перепустимо скрізь призму один з основних кольорів, то він, зламавшись, не зміниться, наприклад, червоний; коли ж перепустимо побічний колір, наприклад, зелений, то він розкладеться на складові кольори — на жовтий і блакитний. Гете, що дуже багато працював, відшуковуючи причини утворення кольорів, і цікавившись різними малярськими техніками, склав іншу теорію, де доводив, що біле світло є основним, але що воно тільки забарвлюється, переходячи скрізь призму. Ця теорія, звичайно, не витримала критики, бо не спиралася на експериментальні дослідження, як теорія Ньютона щодо розкладу сонячного проміння. Як звук, так і світло та інші враження наших відчуттів підлягають певним фізичним законам. Як звук, так і світло залежить від хвилювання, яке творить враження в нашому оці через чутливу тканину сітківки. Ці враження неоднакові й залежать від

сили, швидкості та способу хвилювання світлового проміння. Світло від різних джерел має різний спектральний склад. Цім пояснюється колір штучного освітлення: колір світла електричної лампи більш жовтий, ніж денний сонячний, який визначається білим (або безкольоровим), а колір світла гасової лампи більш жовтий, ніж електричний. Колір сучасних ламп денного світла близький до денного природного. Колір похмурого освітлення відрізняється від світла сонячного, він більше сіро-блакитний. Залежно від зміни характеру спектра даного джерела світла може змінюватися колірний тон офарблення предмета. Таким чином, колір освітлення значно впливає на колір предметів, що ми сприймаємо і які мають свій особистий, предметний чи локальний колір (див. розд. "Сприйняття кольору"). Предметний або локальний колір жовтих лимонів, оранжевих апельсинів, зеленого огірка, червоного яблука ми добре бачимо, якщо вони добре освітлені, але колір предмету змінюється в залежності від зміни освітлення і стає невидимим у темряві. Спробуйте у сутінках відгадати колір одягу або незнайомих квітів. Тільки світло дає можливість бачити предмети та їх кольори. Про те свідчить приказка "Ночью все кошки серы".

Абсорбція світла. Коли на якесь тіло потрапить промінь сонця, то воно абсорбує (вбирає в себе) все колірне проміння, крім одного, яке відбиває (рефлектує) чи перепускає крізь себе. Коли предмет рефлектує червоне проміння, то воно доходить до нашого ока і ми бачимо той предмет червоним. Колірні рефлекси на предметах — це теж відбити кольори оточуючого предметного середовища. Але їх сила значно зменшується з віддаленням. Наприклад, якщо яскравий аркуш паперу піднести до білої поверхні, ми побачимо ясний рефлекс. Якщо ж цей аркуш трохи відсунути — рефлекс швидко зникне. Часом денне освітлення може дати не безкольорове, а з афарбоване світло. Це буває тоді, коли промені сонця, падаючи на якісь колірні об'єкти (зелене листя, синя або червона тканина) і втративши від того частину спектра, набувають кольоровості і офарблюють собою предмети. Таке явище може відбуватись не як загальне (для всього оточення), а лише як кольорове офарблення окремих предметів або їх частин. Це явище **місцевих окремих рефлексів**. Життя дуже часто дає приклади рефлексів, особливо в тінях при загальному яскравому освітленні. Візьмемо два предмети — жовтий і синій, що стоять недалеко один від одного. Жовтий відіб'є жовті і близькі до жовтого промені, а блакитні, сині, фіолетові — вбере. Значить, відбитий від жовтого предмета промінь (звільнений від синього і

фіолетового), попавши на сусідній синій предмет і відбившись від нього, відбиває лише зелений промінь, що в нього залишився, бо всі жовті вбере поверхня синього предмета. Отже, відтінок синього предмета у близькому сусідстві з жовтим даватиме враження зеленкуватого холодного кольору. Це і є явищем рефлексу, тобто: рефлексом зветься явище офарблення предметів колірними променями, які, в свою чергу, офарбилися через віддачу частини спектра безколірного світла. Рефлекс — відбите світло. Тінь ніколи не буває чорна, бо вона змінюється різними рефlekсами з усіляких речей, що є навколо. Раніш уявляли тіні, як затемнення світла, що давало більшу або меншу безбарвність. Але тінь залежить від самої речі та від її кольору. Коли річ хоч трохи пропускає крізь себе проміння, то тінь її буде мати відтінок кольору речі. Колір речі так само може рефлектувати через подвійне відбиття проміння свій колір на площу тіньову. Окрім того, відкинута тінь буде мати відтінок доповняльного кольору проти кольору освітлення. При червоному освітленні сонця, що заходить, тіні всі будуть зеленаві, що особливо виразно видно на тіньовій стіні білої хати, що межує із стіною освітленою (через протистояння доповняльних комплементарних кольорів, див. розд. "Змішування кольорів").

Спектр був узятий за основу для систематики кольорів у вигляді круга та трикутника. Ідея графічного вираження системи кольорів у вигляді замкнутої фігури була підказана тим, що кінці спектру мають тенденцію замкнутися — синій кінець через фіолетовий переходить у пурпуровий, а червоний також є близьким до пурпурового. У принципі, знаходження кольорів у трикутнику не відрізняється від знаходження їх по колу, так як трикутник уписується у круг. Складений Ньютоном колірний круг не втратив свого значення й до наших часів.

СВІТЛОВІ ЗМІНИ, ЩО СПРИЙМАЮТЬСЯ ОКОМ

Природа наділила людину дуже складною системою органів почуттів. Самою розвитою частиною цієї системи є зір. За його допомогою людина отримує значну частину інформації (до 90%). Надзвичайною особливістю зору є здатність добре відрізнити кольори та їх відтінки, здатність сприймати ясної ночі полум'я свічки на відстані до 48 км від ока — такий великий поріг чутливості воно має. У процесі зорового сприйняття оточуючого нас світу бере участь око, його зоровий нерв та зоровий центр головного мозку. Доказом про участь головного мозку у цьому процесі буде той факт, що ми можемо "бачити" у сні чи просто з заплющеними очима, або

мислено уявляти собі будь-які "картинки".

Сучасна наука визначає колір як відчуття, яке виникає у людини в органі зору під впливом на нього світла, тобто світло виявляє колір об'єктів. Світло — це електромагнітний хвильовий рух, який око сприймає як світловий потік. Отже, колір може бути тільки там, де є світло. Око реагує на цій вплив, викликають кольорові відчуття та пов'язані з ними емоції. Якщо **відчуття кольору** можна розуміти як найпростіший фізіологічний акт, а **сприйняття кольору** — як більш складний процес, обумовлений рядом закономірностей психологічного порядку, то **почуття кольору** вже відноситься до емоційної та естетичної сфери.

Але у природі колір зовсім не є невід'ємною властивістю об'єктів на відміну, наприклад, від маси чи прискорення. Для його появи як властивості конкретного об'єкта необхідні одночасні існування 3-х обов'язкових умов: самого об'єкта, світла та спостерігача, здатного побачити відбитий (поглинений або випромінюваний) об'єктом колір. У відсутність спостерігача у об'єкта не має ніякого кольору! Тому правильна відповідь на запитання "Який колір об'єктивно притаманний траві?" звучить досить парадоксально: "Ніякий". Однак, навіть при наявності означених умов сприйняття кольору у великому ступеню залежить від його психофізіологічних особливостей. Тобто, уявлення про колір є продуктом психічної діяльності мозку, який по-своєму інтерпретує отримані від зорових рецепторів сигнали. При цьому мозок не просто реєструє сигнали, а проводить "пакетну" обробку величезного об'єму зорової інформації. Доведено, що розпізнавання зорових образів є найскладнішою задачею у комп'ютерній техніці і ніякий суперкомп'ютер не може порівнятися тут з людиною. У процесі зору всі відчуття включаються у роботу, сумуючи інформацію, необхідну для запам'ятання зорових образів. **Поняття "об'єктивний колір" ми будемо далі розглядати за умови спостереження його людиною.**

Колись психологи провели цікавий експеримент — освітили стіл з їжею таким чином, що кольори продуктів різко змінилися: м'ясо стало сірим, салат і молоко — фіолетовими, зелений горошок — чорним, яєчний жовток — брунатним. Гості відмовлялись їсти, а тім, хто все ж відважився щось спробувати, стало дуже погано. Цікаво порівняти сприйняття кольору художниками та звичайними людьми. Око середнього спостерігача здатне відрізнити 200-1000 кольорів та відтінків. За давніми китайськими методиками художників того часу тренували на кольоросприйняття до 3

тисяч відтінків. Але існує й фізіологічна особливість нашого зору — око максимально чутливе до жовтих, зелених та блакитних кольорів. Кожен день ми майже не спостерігаємо чистих спектральних кольорів, а маємо справу з потоком змішаного складу з хвиль різної довжини. Відчуття "червоного" або "синього" кольору пов'язано з перебільшенням у потоці променів з визначеною довжиною хвилі. Сучасні дослідження колориметрії надають інформацію, що тренувана людина з нормальним зором здатна відрізнити до 10 млн. відтінків, а всього їх можна утворити за допомогою комп'ютерної техніки близько 16 мільйонів. Однак, в багатьох випадках така точність розрізнення кольору не потрібна — для практичної роботи буває достатньо декілька сотень найменувань кольору.

На сітківці маються два шари нервових клітин і шар численних світлочутливих рецепторних клітин: колбочок трьох різновидів і паличок. Колбочки чуттєві до кольорних відтінків, а палички — до змін тональності. Поглинання світла рецепторними клітинами призводить до складного процесу утворення електричних імпульсів, що у кінцевому рахунку кодуються в колірні сигнали і в сигнал "світло-тінь". Існування в сітківці 2-х видів фоторецепторів — паличок і колбочок, що відрізняються і морфологічно (тобто за будовою), і функціонально, є засобом, що забезпечує здатність ока працювати як при низьких, так і при високих ступенях освітлення. При слабкому освітленні функціонують палички і дозволяють сприймати тільки відтінки сірого кольору, в умовах денного світла функціонують колбочки і забезпечують кольорні (хроматичні) відчуття. Ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання також діє на зір, але не викликає зорових відчуттів. Це "невидимий" колір. Сірий колір не звичний для природних об'єктів. Більшість з них — кольорові, а сірі тони, котрі ми можемо бачити — суміш нескінченної кількості відтінків. Чорне та біле — це не властивості природи, а властивості нашого сприйняття природи, наш сенсорний відклик на визначений осяйний діапазон. Колірний зір служить нам основним засобом розпізнання об'єктів реального середовища.

Дратування бика червоною ганчіркою — міф. Бик не розпізнає кольори, він реагує на рух. Білу ганчірку (тонову величину) він побачить краще, ніж червону, яка буде сприйматися сірою. Таким чином, червона ганчірка — ефектний елемент вистави для глядачів. Корови, коняки, собаки, кішки, вівці бачать світ у чорно-білому зображенні. Тільки людина, деякі примати, риби, денні птахи і більшість рептилій насолоджуються

колірним зором. Сучасні японські вчені встановили, що й метелики мають колірний зір. Їхні очі уявляють собою складну структуру, яка має 6 типів фоторецепторів, що дозволяє метеликам бачити 5 кольорів — пурпуровий, блакитний, зелений, червоний та темно-червоний. Але й досі точні деталі механізму колірного зору живих істот, і особливо людини, залишаються однією з самих загадкових і цікавих таємниць природи.

Сутужно оцінити спектральний склад світла, тобто сукупність електромагнітних випромінювань з різними довжинами хвиль, що складають видиме світло. Білий колір — це суміш випромінювань із усіма довжинами хвиль видимого спектру, від фіолетового до червоного, у рівних пропорціях. При фотографуванні та відеозапису повна гама кольорів відтворюється з використанням обмеженої чутливості до частот, що відповідають синьому, зеленому і червоному кольорам. Аналогічно діє людське око, що має неоднакову чутливість до всіх довжин хвиль, а має певні піки і зниження чутливості (див. розд. "Сприйняття кольору"). Різні люди мають неоднакову чутливість щодо сприйняття колірних сигналів головним мозком, підтвердженням чому є, наприклад, існування дальтонізму. Але всі суб'єкти (в межах одного культурно-географічного регіону) однозначно сприймають певний колір, наприклад, червоний — для всіх червоний, але різних відтінків. Так, скажімо, в мові ескімосів існує 50 назв для різних відтінків білого кольору — ясно, що це пов'язане із сніговим середовищем. Для спектру в різних мовах різне членування: 7 назв кольорів — в українській та російській, 6 — в англійській, 2-4 — у народів Африки.

Деякі джерела світла, що сприймаються оком як "білі", насправді не є такими.

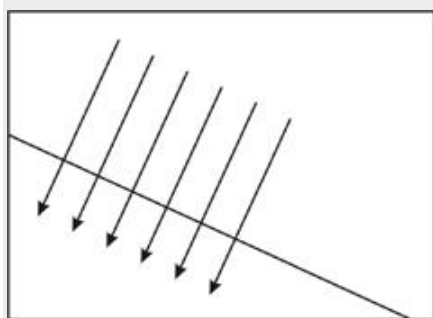
Головний мозок не розрізняє бліді відтінки блакитного, жовтого, рожевого чи інші слабко пофарбовані випромінювані кольори світильників, і сприймає їх як білі. Інші джерела світла виглядають як істинно білі навіть у порівнянні з денним світлом, однак це не так — у їхньому колірному спектрі маються "провали", що око не зауважує, а за допомогою апаратури відеозапису можуть бути вловленими.

Наш зір має й межі — мозок не здатний розширити діапазон кольорів, які ми бачимо в райдузі. Межа наших можливостей на фіолетовому кінці спектру визначається фільтруючою дією жовтавого кришталіка, який поглинає ультрафіолет. З віком кришталік ще більше жовтіє та відфільтровує ще більше фіолетових променів. Старі художники майже зовсім не бачать фіолетовий колір, в їх картинах рідко

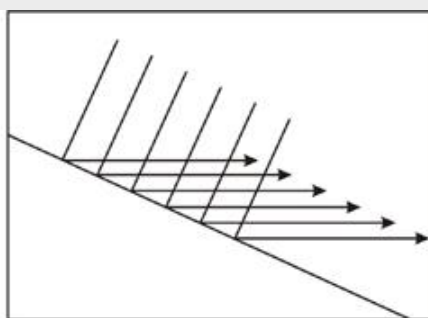
зустрічаються справжні фіолетові тони.

СВІТЛОВІ ЗМІНИ, ЩО СПРИЙМАЮТЬСЯ ОКОМ

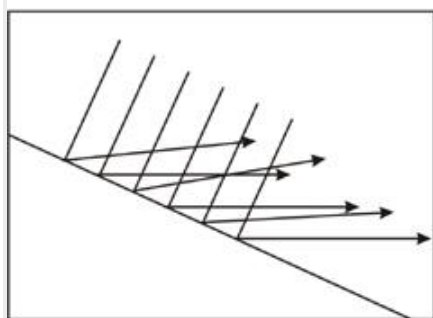
Промені, падаючи на поверхню, можуть відбиватися, поглинатися, заломлюватися або проходити наскрізь. В залежності від цього відрізняють поверхні блискучі та матові, прозорі та непрозорі, білі та чорні. Поверхня, яка поглинає велику кількість світлових променів, сприймається як чорна, а поверхня, яка відбиває більшу частину падаючого світла, сприймається нами як біла. Якщо промені проходять скрізь шар речовини, то вона буде прозорою. Прозорість тіл залежить від їхньої поверхні. Коли тіло має рівну поверхню й перепускає скрізь себе проміння, то буде заломлювати його під одним кутом в одному напрямку і тому буде прозоре, як скло, що має рівну поверхню. Світлове проміння, падаючи на непрозоре тіло, не переходить крізь нього, але відбивається під тим самим кутом, під яким упало; тому непрозоре тіло рівне й гладеньке відбиває проміння в одному напрямку (полірований камінь, метал, дзеркало). При повному відбитті світла постає дзеркальне відбиття, яке буває у тіл, що мають поверхню близьку до ідеально гладкої.



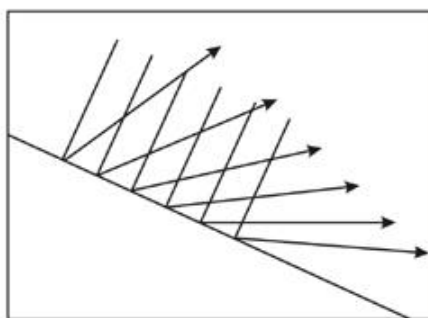
прозора поверхня



непрозора глянцева поверхня



непрозора напівматова поверхня



непрозора матова поверхня

Схематичні малюнки проходження променів скрізь шар

речовини

Непрозоре тіло, що має поверхню нерівну або шорстку, відбиває світло під неоднаковими кутами, в різних напрямках, розсіюючи його. Непрозорі тіла можуть почасти перепускати до певної глибини проміння, і вже аж тоді відбивають його, а деякі з них відбивають проміння просто з поверхні. Відбите світло місяця далеко слабше тому, що це є відбиттям тільки малої частини сонячного проміння, яке на землю попадає ще в меншій кількості, тільки частиною своєю через розсіювання проміння поверхнею місяця. З того бачимо, що предмети, які не мають власного світла, відбивають при певних умовах чуже світло, що доходить до нашого ока, створюючи на сітківці враження того, що ми бачимо. Образ на сітківці ока повинен бути певної величини і мати певну виразність. Величина образу на сітківці залежить од величини кута зору, а виразність образу залежить від ясності освітлення та чутливості сітківки. Синій колір предмет буде мати, якщо поверхня синій колір відбиває, а всі інші поглинає. Особливості відбиття світла від будь-якої поверхні визначають її характер та фактуру. Якщо промені відбиваються паралельно, поверхня сприймається дзеркальною та блискучою. Проміння, відбите від нерівної, шершавої поверхні, дає світло розсіяне, відбите непаралельне — кожний промінь відбивається в різних напрямках під неоднаковими кутами. У фарбівних шарах відбувається цілий рід явищ відбиття та переломлювання. В наші очі промінь світла доходить вже зміненим. Проходячи скрізь колірне середовище, промінь набуває певного кольору через вбирання цим колірним середовищем деякої частини спектру. Наприклад, проходячи крізь синє скло, денне безкольорове світло набуває синього офарблення, тому що синє скло затримує всі інші складові частини спектру (червоні, оранжеві, жовті) і пропускає сині.

Яскраві кольори звичайно є наслідком різко виборчого поглинання і відбиття. Вони характерні для поверхонь, що відбивають майже все випромінювання з визначеними довжинами хвиль і поглинають інше, як правило, звичайним образом. Ненасичені пастельні чи бліді кольори обумовлені меншою вибірковістю; вони характерні для поверхонь з малою здатністю до поглинання. Приглушені кольори є наслідком у цілому низкою відбивної здатності, коли поглинається випромінювання майже на всіх довжинах хвиль і лише на деякі відбивається. Такі кольори можна розглядати як деяку

подобу чистих кольорів, механічно змішаних з чорним кольором.

Ми здатні відрізнити фактуру предметів тільки одним зором за характером поєднання відблисків та тіней, які утворюють матову, напівматову або глянсову поверхню.

Тільки зором ми відрізняємо блиск металевий, скляний, фарфоровий по ледве помітним ознакам, що словами важко визначити. У живопису передача якості поверхні предмета поряд з його кольором, формою та знаходженням у просторі є однією з найважливіших задач. Таким чином, освітлення в композиції картини важливе не тільки для розкриття її змісту, але й образу кожного предмету, всього твору цілком.

Сучасна наука зараз може відповісти на ті запитання, що були на початку розділу: — Чому небо блакитне? Багатокольоровий сонячний промінь фарбує товстий шар повітря, що обволікає, обкутує Землю. Невидимі крихітні частки пилу і водяних краплин розсіюють, розбризкують всі кольори сонячного спектру, але більш всього саме його фіолетову, синю і блакитну частини. Чим менш частки, тим більш короткі світлові хвилі вони розсіюють. Тому небо й офарблюється в блакитний колір. На інтенсивність та колірний відтінок об'єктів, що спостерігаються у просторі, значно впливає розсіяне світло атмосфери, в умовах якої відбувається спостереження. Зорове відчуття стосовно офарблення об'єктів залежить від кількості та якісного складу світла в кожному потоці.

— Чому буває райдуга? Райдуга — це сонячний промінь, який проходить скрізь дощові каплі як скрізь призми, переломлюється та відбивається у повітрі в вигляді великої різнокольорової дуги. У XVII ст. французький філософ та вчений Декарт створив математичну теорію райдуги, засновану на переломленні світла. Пізніше ця теорія була доповнена Ньютоном на основі його експериментів по розкладанню світла на кольори за допомогою призми. Більш точнішу теорію райдуги зробив англійський астроном Ері. При спостереженні з високої гори або з літака райдуга може мати вигляд повної окружності. Ще Арістотель математично довів — Сонце, спостерігач та центр райдуги знаходяться на однієї прямій. Тому, чим вище над горизонтом піднімається Сонце, тим нижче опускається центр райдуги. Іноді буває в небі 2 райдуги, одна більш яскрава — цьому випадку відбувається подвійне відбиття в каплях. Дуже рідко над великими водними просторами можна побачити одразу 3, 4 або навіть 5 райдуг! Іноді райдуга буває вночі, коли після дощу яскраво світить

місяць. Але така райдуга порівняно з сонячною дуже неяскрава, маловиразна або зовсім біла. Біля фонтанів, водоспадів, морського прибою також може бути райдуга, при цьому джерелом світла часто бувають прожектори. В сонячний день маленькі веселки можна спостерігати, коли поливальна машина розбризкує воду. І саме цікаве явище природи — райдуга взимку, коли сонячний промінь відбивається від гладкої, рівної льодяної поверхні.

— Чому сніг білий? Біліше снігу немає нічого в світі. Недарма, якщо намагаються підкреслити неперевершену, ідеальну чистоту білого кольору, його завжди порівнюють із снігом: "білосніжний лебідь, білосніжна лілея, білосніжне плаття, білосніжна шкіра". В чому ж таємниця білизни снігу, адже він як і лід безкольоровий? Лід у своїй масі пропускає скрізь себе більшу частину сонячних променів і малу частину відбиває, тому він прозорий і блискучий. Кожна сніжинка — це крихітна часточка льоду, вона може пропустити скрізь себе промінь світла, але сніжинки в хаосі, безладді падають та лежать пухкою і розсипчастою масою. Разом вони стають непрозорими, не можуть пропустити скрізь себе цілком промінь сонця і повністю його відбивають. А так як промінь сонця білий, то і сніг ми бачимо саме білим.