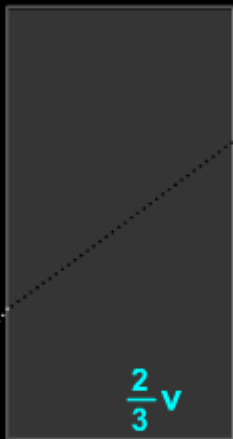




ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ОПТИЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Refraction



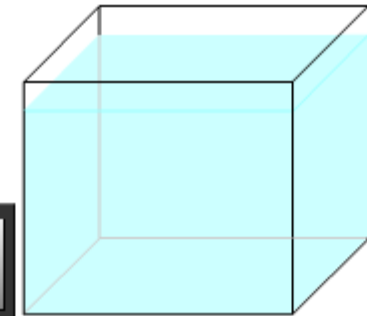
Copyright © 2008 David M. Harrison

Лектор - Самойленко С.О.
s.samoilenko@pdmu.edu.ua

ОПТИКА

Оптика - розділ фізики, в якому вивчається оптичне випромінювання (світло), його розповсюдження і явища, які спостерігаються при взаємодії світла і речовини. **Геометрична оптика** не розглядає питання про природу світла, вона виходить з емпіричних законів його розповсюдження і використовує уявлення про світлові промені, які розповсюджуються прямолінійно в оптично однорідному середовищі і які заломлюються і відбиваються на межах середовищ з різними оптичними властивостями.

Світловий промінь - це геометрична лінія, уздовж якої розповсюджується електромагнітне випромінювання.



Світловий промінь - поняття геометричне. Користь, яку можна отримати з цього поняття полягає в тому, що з його допомогою можна встановлювати напрям розповсюдження світлової енергії. Для вирішення ряду завдань цілком доречно замінити фізич-

не поняття - світлову хвилю — геометричним поняттям - променем - і проводити всі міркування за допомогою променів.

Хвильова оптика - це розділ оптики, який розглядає світло, як електромагнітну хвилю; у ній вивчаються явища, в яких виявляються хвилеві властивості світла (як поперечної електромагнітної хвилі).

ЗАКОНИ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ОПТИКИ

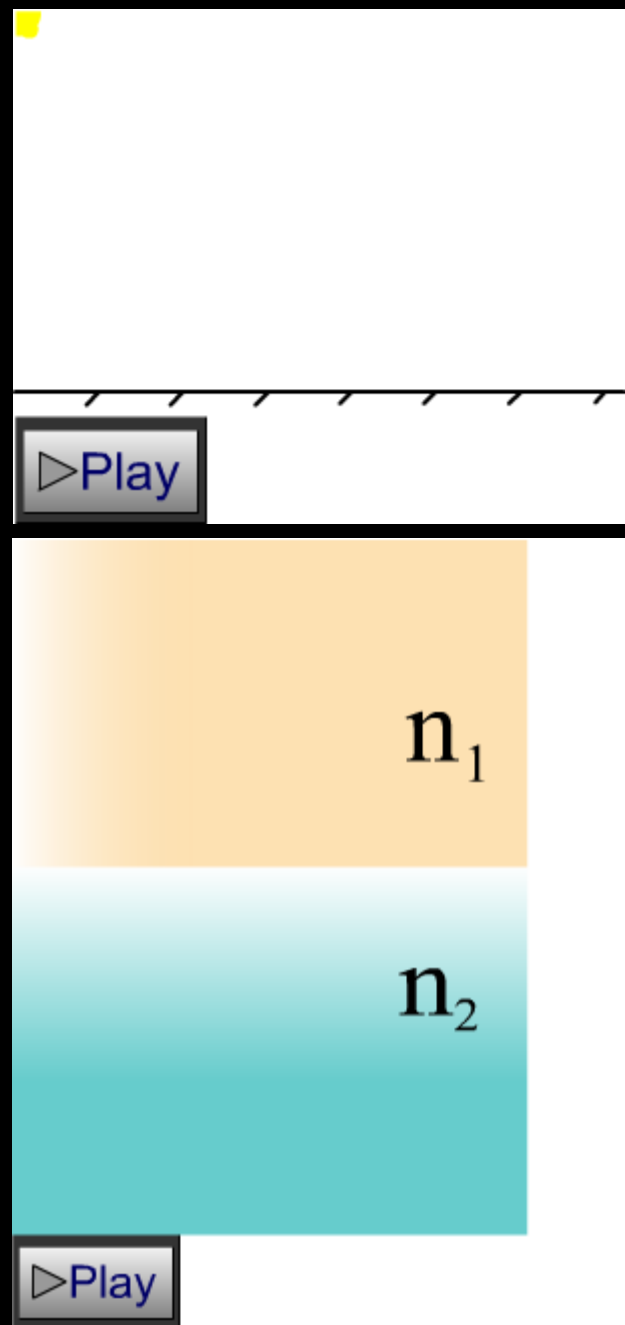
Закон відбиття світла: падаючий і відбитий промені, а також перпендикуляр до межі розділу двох середовищ, відновлений в точці падіння променя, лежать в одній площині (площина падіння). Кут відбиття β дорівнює куту падіння α .

Закон заломлення світла: падаючий і заломлений промені, а також перпендикуляр до межі розділу двох середовищ, відновлений в точці падіння променя, лежать в одній площині. Відношення синуса кута падіння α до синуса кута заломлення β є величина, постійна для двох даних середовищ:

$$\sin \alpha / \sin \beta = n_{2-1} = \text{const}$$

Постійну величину n_{2-1} називають відносним показником заломлення другого середовища щодо першого. Показник заломлення середовища щодо вакууму називають абсолютним показником заломлення. Відносний показник заломлення двох середовищ рівний відношенню їх абсолютних показників заломлення:

$$n_{2-1} = n_2 / n_1$$

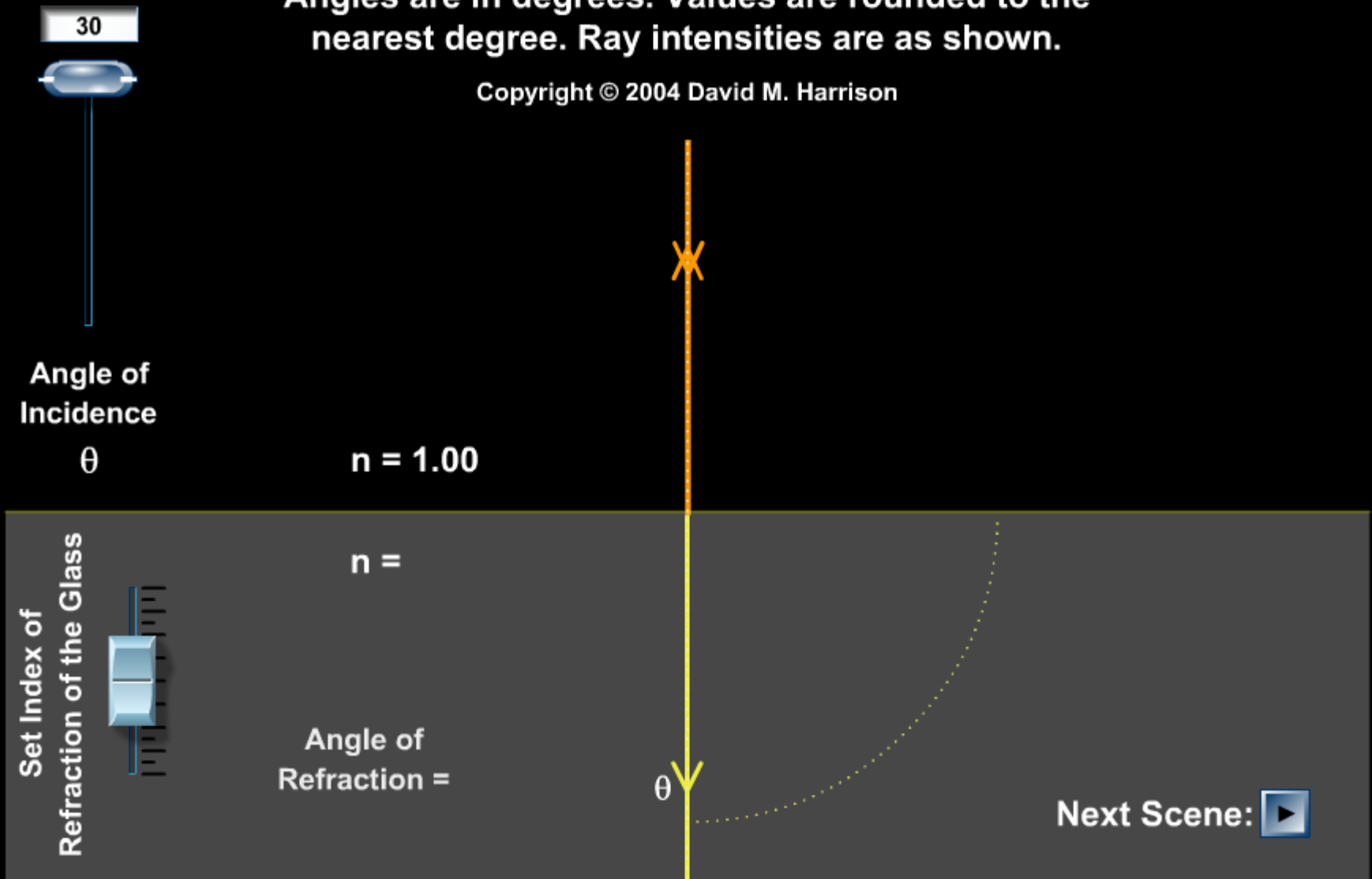


ВІДБИТТЯ І ЗАЛОМЛЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИЙ СИМУЛЯТОР

Reflection and Refraction: Air to Glass

Angles are in degrees. Values are rounded to the nearest degree. Ray intensities are as shown.

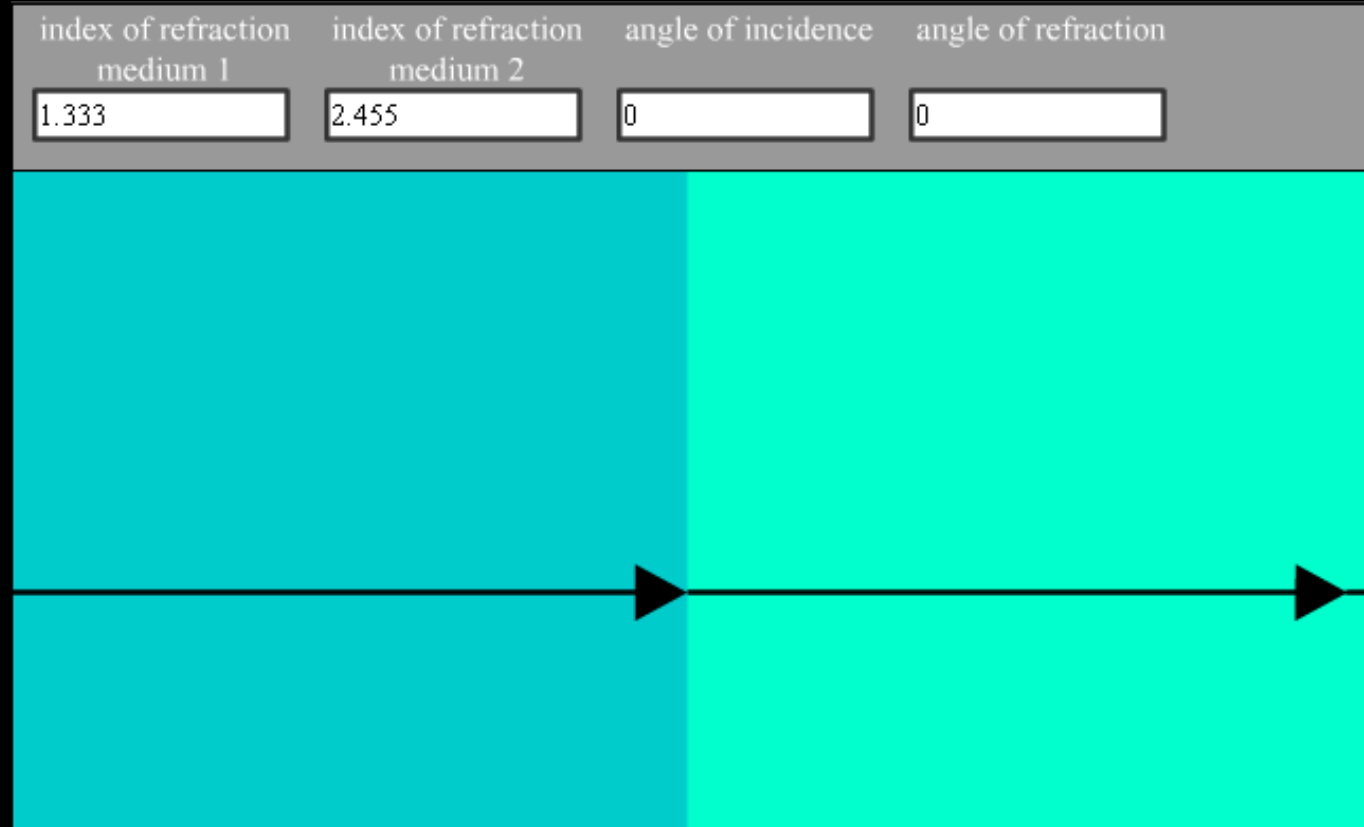
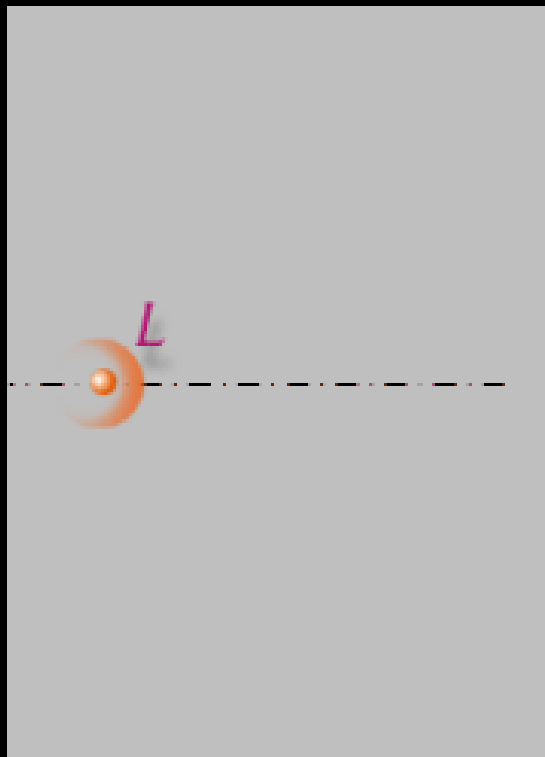
Copyright © 2004 David M. Harrison



ЗАЛОМЛЕННЯ В ХВИЛЬОВІЙ ОПТИЦІ

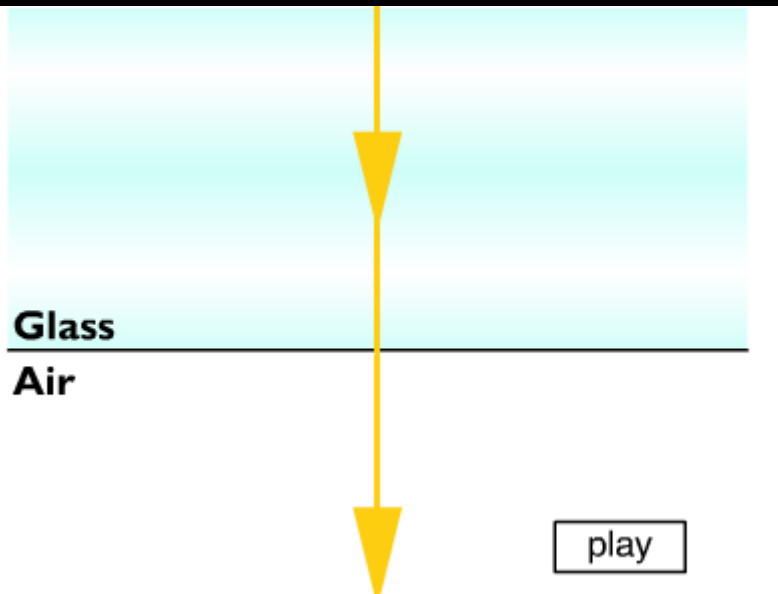
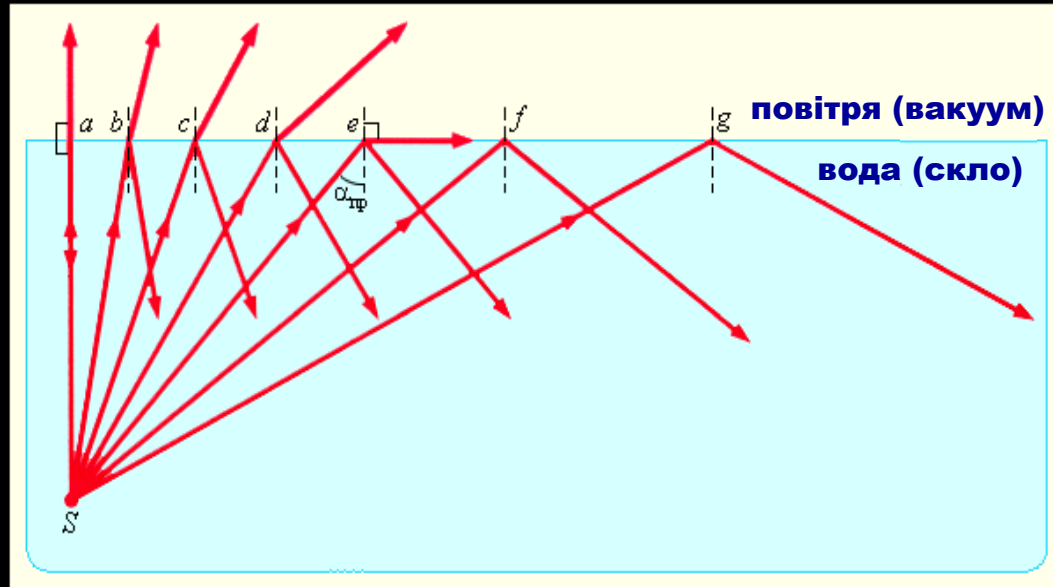
Закони відбиття і заломлення знаходять пояснення в хвильовій оптиці. Згідно хвильовим уявленням, заломлення є наслідком зміни швидкості розповсюдження хвиль при переході з одного середовища в інше. Фізичний сенс показника заломлення – це відношення швидкості розповсюдження хвиль в першому середовищі **v_1** до швидкості їх розповсюдження в другому середовищі **v_2** : **$n_{2-1} = v_1/v_2$** . Абсолютний показник заломлення рівний відношенню швидкості світла **c** у вакуумі до швидкості світла **v** в середовищі: **$n = c/v$** . Згідно **принципу Гюйгенса** кожен елемент поверхні, якою досягла в даний момент хвиля (тобто кожна точка хвильового фронту) є центром вторинних хвиль, огинаючи яких стає хвильовим фронтом в пізніший момент часу.

принцип Гюйгенса



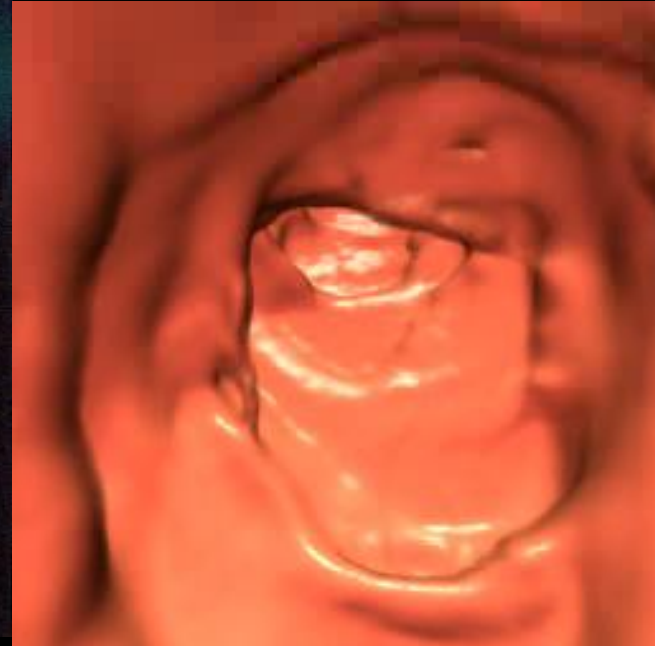
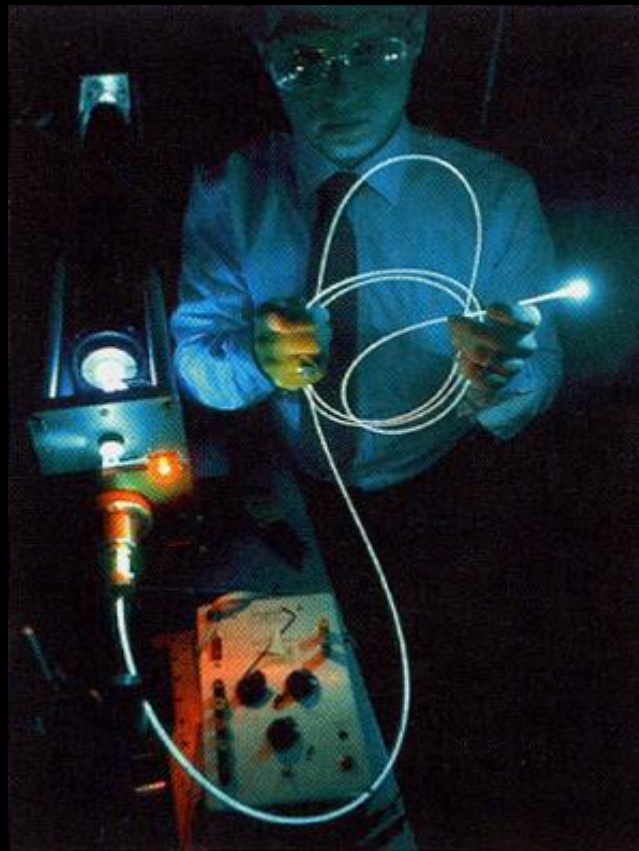
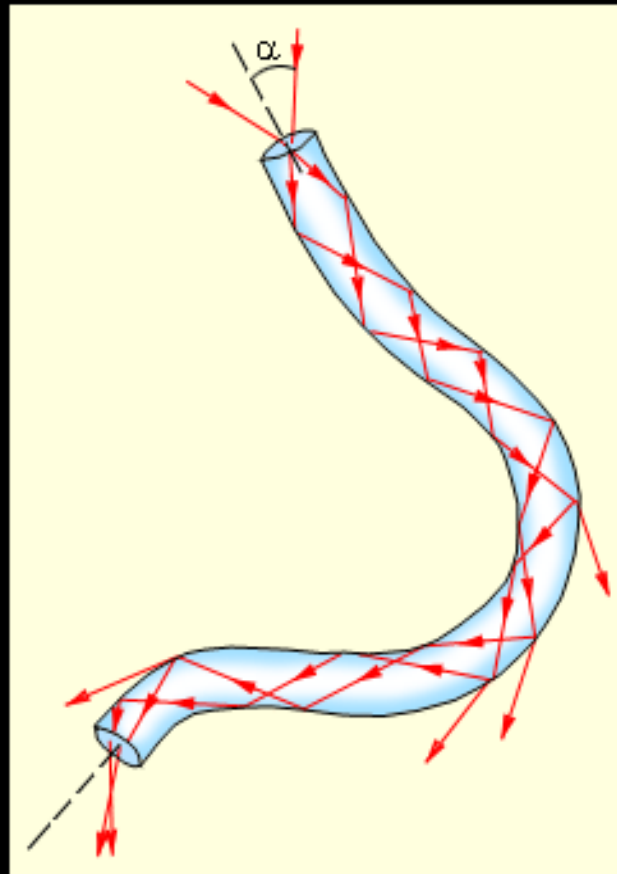
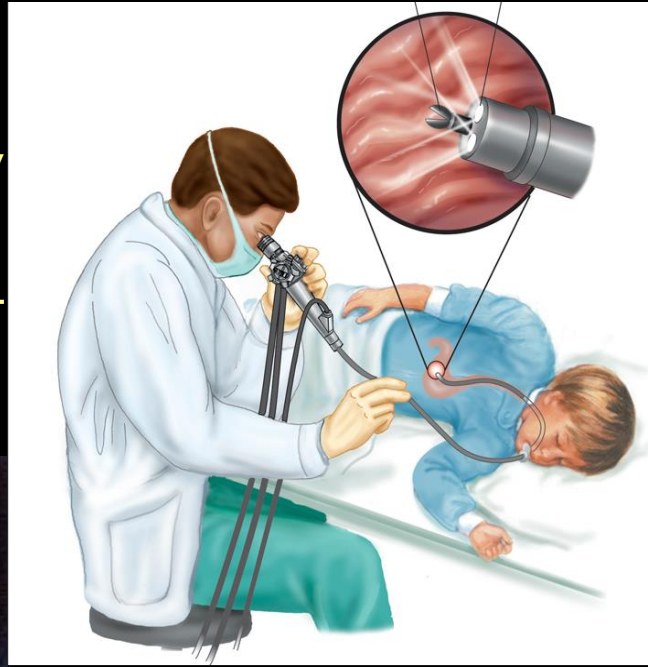
ЯВИЩЕ ПОВНОГО ВНУТРІШНЬОГО ВІДБИВАННЯ

Під час переходу світла з оптично щільнішого середовища в оптично менш щільне $n_2 < n_1$ (наприклад, з води або скла в повітря або вакуум) можна спостерігати явище **повного внутрішнього відбивання**, тобто зникнення заломленого променя. Це спостерігається при кутах падіння, що перевищують деякий критичний кут, який називається **граничним кутом повного внутрішнього відбивання**. Для межі розділу скло–повітря критичний кут дорівнює 42° , для межі вода–повітря - $48,7^\circ$.



ВОЛОКОННА ОПТИКА

Явище повного внутрішнього відбивання використовується у волоконних світловодах, які є тонкими довільно зігнутими нитками з оптично прозорого матеріалу (скло, кварц). Світло, що потрапляє на торець світловода, може розповсюджуватися по ньому на великі відстані за рахунок повного внутрішнього відбивання від бічних поверхонь. У медицині це явище знайшло застосування в ендоскопічній техніці.

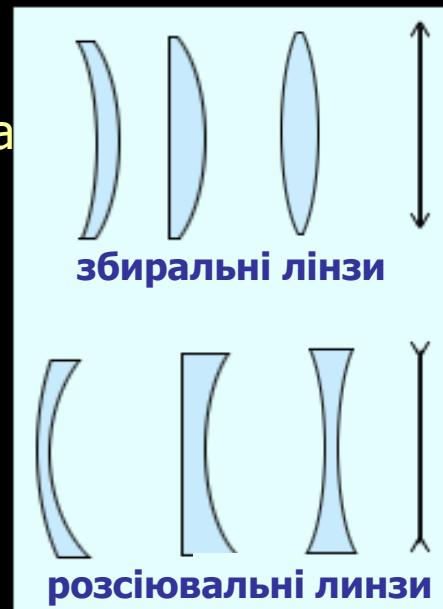
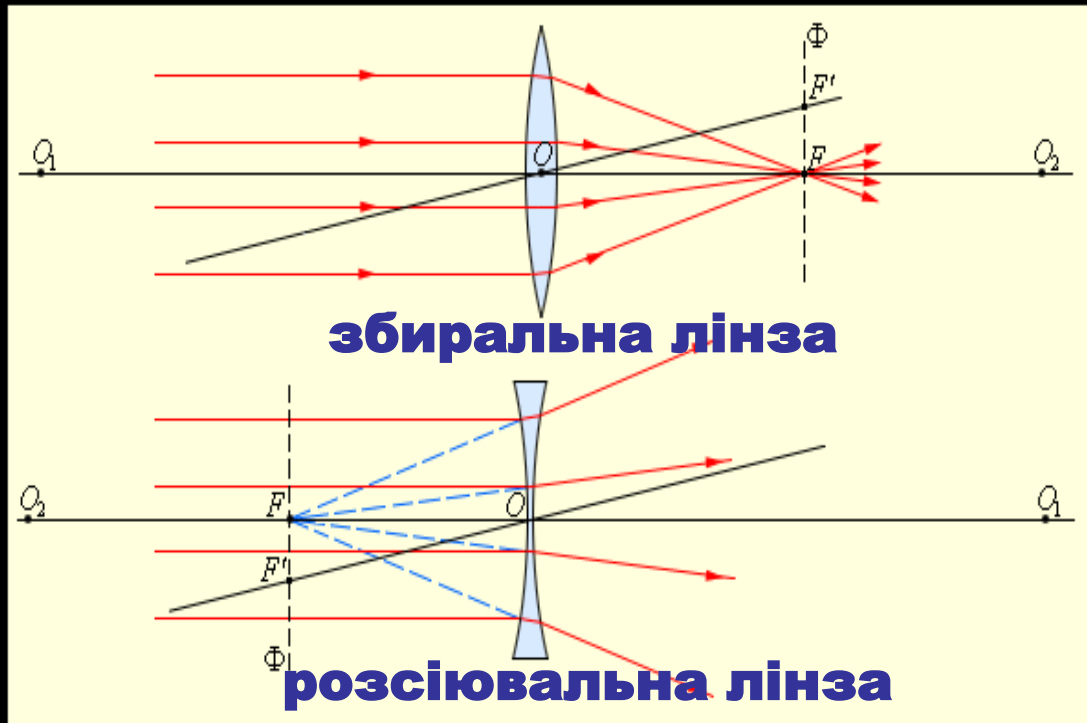


ЛІНЗИ

Лінзою називається прозоре тіло, обмежене двома сферичними поверхнями. Лінзу називають тонкою, якщо її товщина мала в порівнянні з радіусами кривизни її поверхонь і з відстанню від предмету до лінзи.

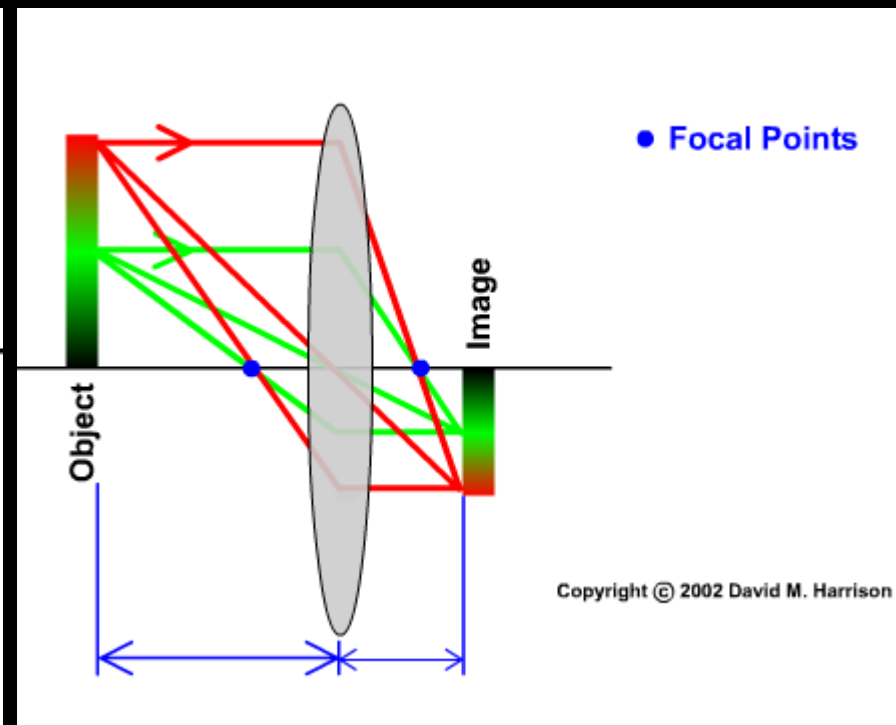
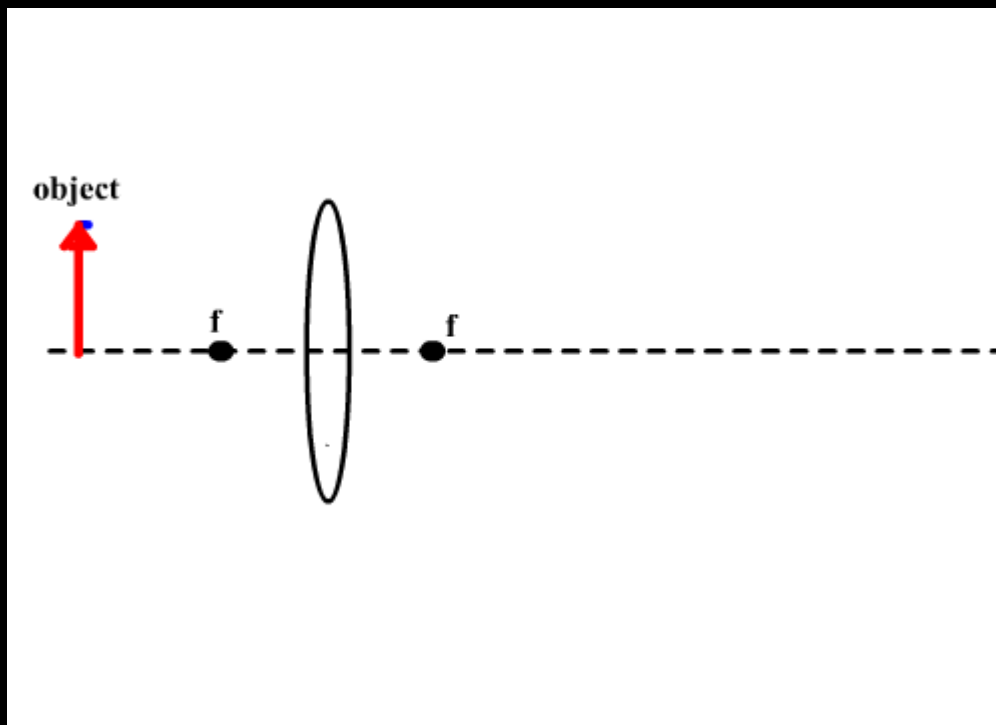
Головна оптична вісь лінзи - пряма, що проходить через центри кривизни сферичних поверхонь, що обмежують лінзу.

Лінзи бувають **збиральними** і **розсіювальними**. Якщо на лінзу направити пучок променів, паралельних головній оптичній осі, то, після проходження через лінзу, промені (або їх продовження) зберуться в одній точці F , яка називається **головним фокусом лінзи**. У тонкій лінзі є два головні фокуси, симетрично розташовані щодо лінзи на головній оптичній осі. У **збиральних** лінз фокуси дійсні, у **розсіювальних** - уявні. Пучки променів, паралельних одній з побічних оптичних осей, також фокусуються після проходження через лінзу в точку F' , яка розташована на перетині побічної осі з **фокальною площиною** Φ - площиною, яка перпендикулярна головній оптичній осі і проходить через головний фокус. Відстань між оптичним центром лінзи O і головним фокусом F називається **фокусною відстанню**. Вона позначається тією ж буквою F .



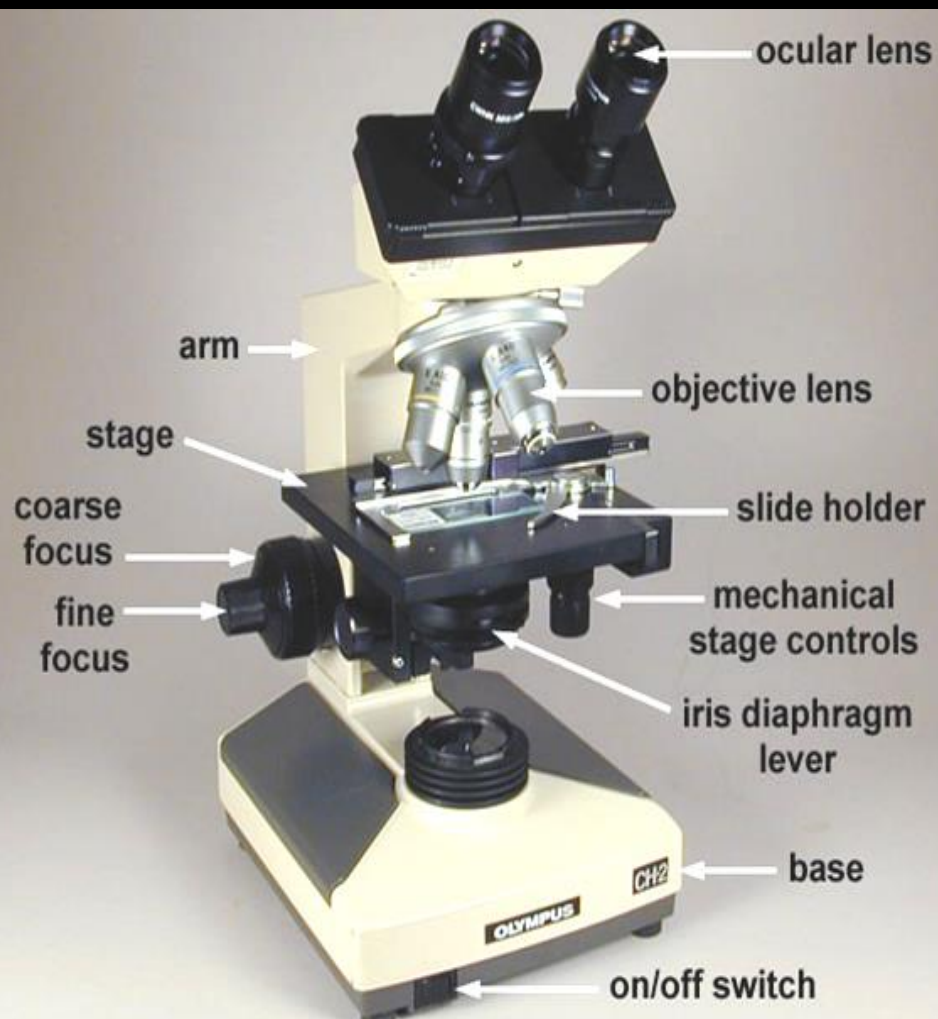
ПОБУДОВА ЗОБРАЖЕННЯ В ЛІНЗАХ

У оптиці лінзи використовують для зміни напрямку світлових променів. Основна властивість лінз – здатність давати зображення предметів. Зображення бувають **прямими** і **перевернутими**, **дійсними** і **уявними**, **збільшеними** і **зменшеними**. Положення зображення і його характер можна визначити за допомогою геометричних побудов. Для цього використовують властивості деяких стандартних променів, хід яких відомий. Це промені, що проходять через оптичний центр або один з фокусів лінзи, а також промені, паралельні головній або одній з побічних оптичних осей.

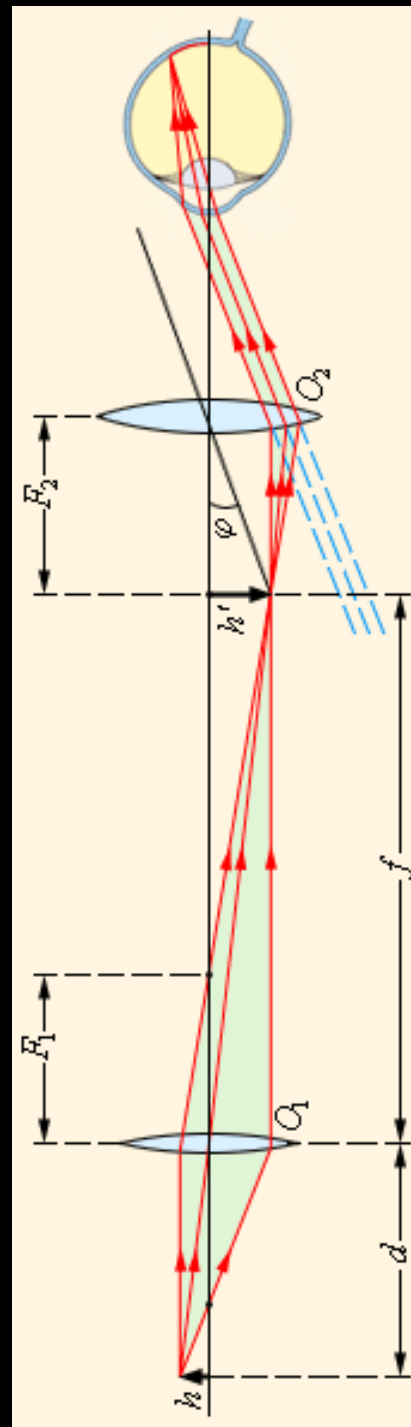


ОПТИЧНИЙ МІКРОСКОП

Мікроскоп застосовують для отримання великих збільшень при спостереженні дрібних предметів. Збільшене зображення предмету в мікроскопі отримують за допомогою оптичної системи, що складається з двох короткофокусних лінз – **об'єктива** і **окуляра**. Об'єктив дає дійсне, перевернуте, збільшене зображення предмету. Це проміжне зображення розглядається оком через окуляр, дія якого аналогічна дії лупи. Окуляр розташовують так, щоб проміжне зображення знаходилося в його фокальній площині; в цьому випадку промені від кожної точки предмету ідуть після окуляра паралельним пучком.



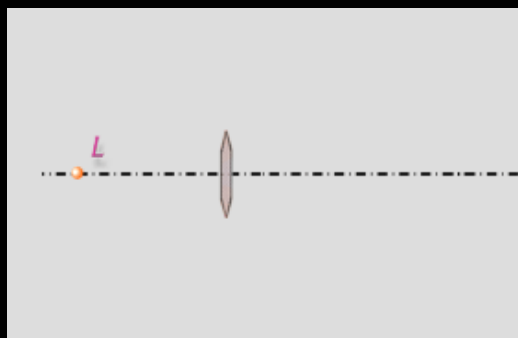
не зображення предмету. Це проміжне зображення розглядається оком через окуляр, дія якого аналогічна дії лупи. Окуляр розташовують так, щоб проміжне зображення знаходилося в його фокальній площині; в цьому випадку промені від кожної точки предмету ідуть після окуляра паралельним пучком.



ХІД ПРОМЕНІВ В МІКРОСКОПІ

ДИФРАКЦІЯ

Дифракція - явище огинання хвилями перешкод. Дифракцію можна спостерігати для будь-яких хвиль: електромагнітних (зокрема світлових), пружних (звукових), хвиль на поверхні води. Найпомітніше дифракція виявляється в умовах, коли розмір перешкоди приблизно дорівнює довжині хвилі. Дифракцію можна зрозуміти на основі **принципу Гюйгенса – Френеля**.



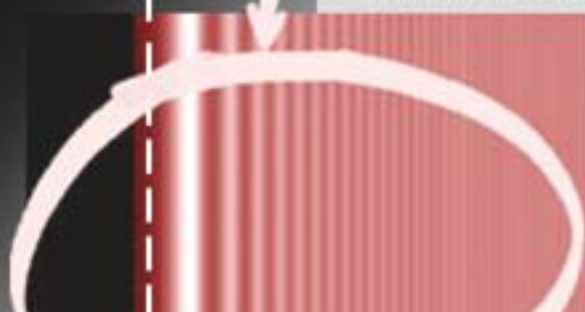
препятствие на пути
лазерного луча



экран



так в увеличении
выглядит граница
света и тени



Дифракционная картина



препятствие
в форме диска

Згідно принципу Гюйгенса - Френеля, дифракцію можна пояснити інтерференцією вторинних хвиль. Щоб знайти світлове поле в кожній точці екрану, потрібно підсумувати напруженості електричних полів від всіх вторинних джерел, що приходять в дану точку. Результат складання хвиль залежить як від амплітуди, так і від різниці фаз.

ПОЛЯРИЗАЦІЯ

Поперечність електромагнітних хвиль приводить до виникнення явища поляризації. Вектори напруженості електричного поля E і напруженості магнітного поля H перпендикулярні між собою і до напрямку розповсюдження світла. Фізична характеристика випромінювання, що описує просторово-часову впорядкованість світлових хвиль, називається поляризацією світла. Оскільки вектори E і H перпендикулярні один одному, для повного опису стану поляризації світлового пучка потрібне знання поведінки лише одного з них. Зазвичай для цієї мети вибирається вектор E .

Світло, що випускається яким-небудь атомом або молекулою, завжди поляризоване. Але макроскопічні джерела світла складаються з величезного числа таких частинок-випромінювачів. При цьому просторові орієнтації векторів E і моменти актів випускання світла окремими частинками в більшості випадків розподілені хаотично. Тому в загальному випромінюванні напрям E в кожен момент часу є непередбачуваним. Подібне випромінювання називається неполяризованим, або природним світлом.

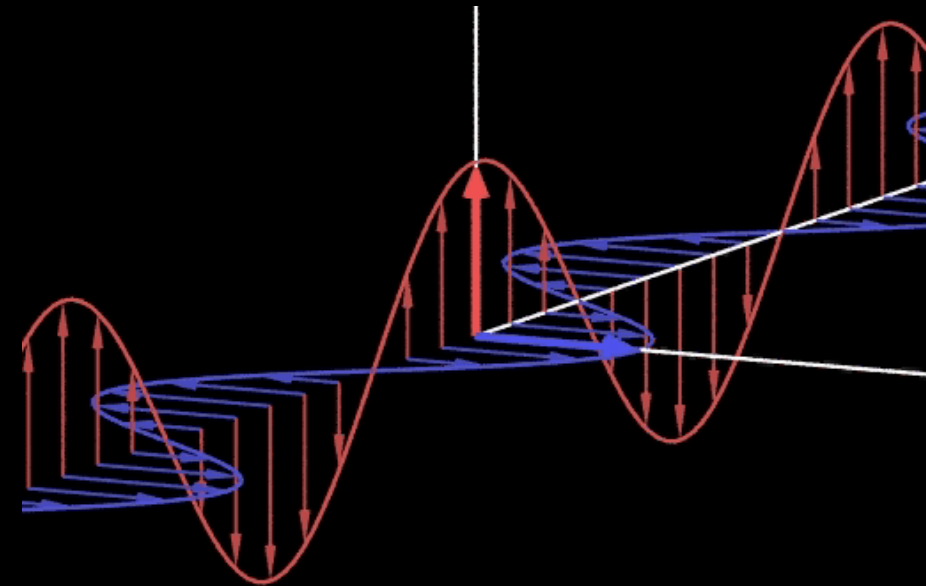
випромінювання електромагнітної хвилі осцилюючим зарядом

Loading ...

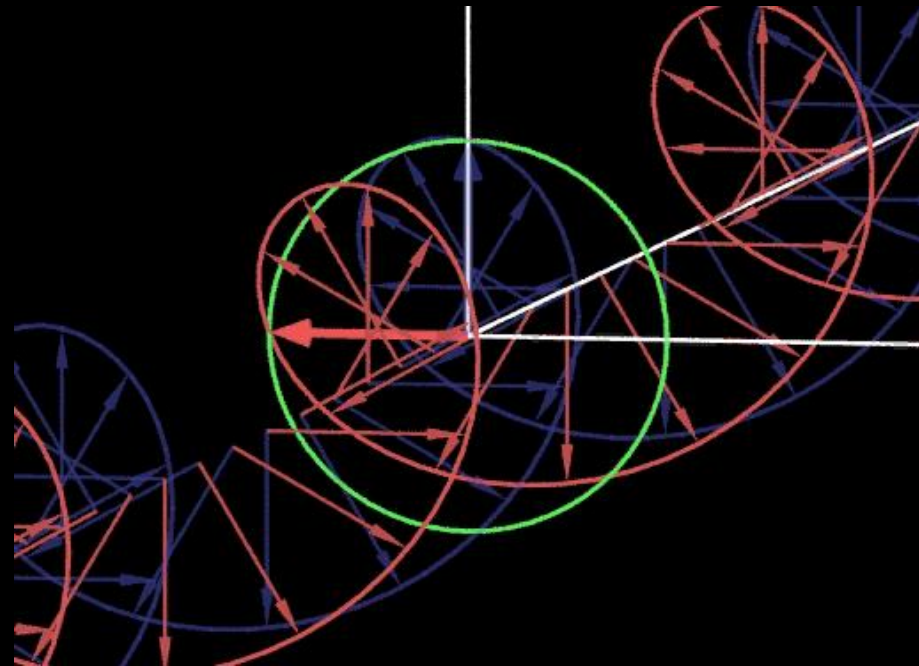
ПОЛЯРИЗАЦІЯ

Звичайно стан поляризації світла зображається за допомогою еліпса поляризації – проекції траєкторії кінця вектора на площину, перпендикулярну променю. Проекційна картина повністю поляризованого світла у загальному випадку має вид еліпса з правим або лівим напрямом обертання вектора E в часі. Таке світло називається еліптично поляризованим. Найбільший інтерес представляють граничні випадки еліптичної поляризації – лінійна (плоска) електромагнітна хвиля, коли еліпс поляризації вироджується у відрізок прямої лінії, що визначає положення площини поляризації, і циркулярна (або колова), коли еліпсом поляризації є коло. У першому випадку світло називається лінійно поляризованим, а в другому – право- або ліво- циркулярно поляризованим залежно від напрямку обертання вектора E .

лінійна поляризація

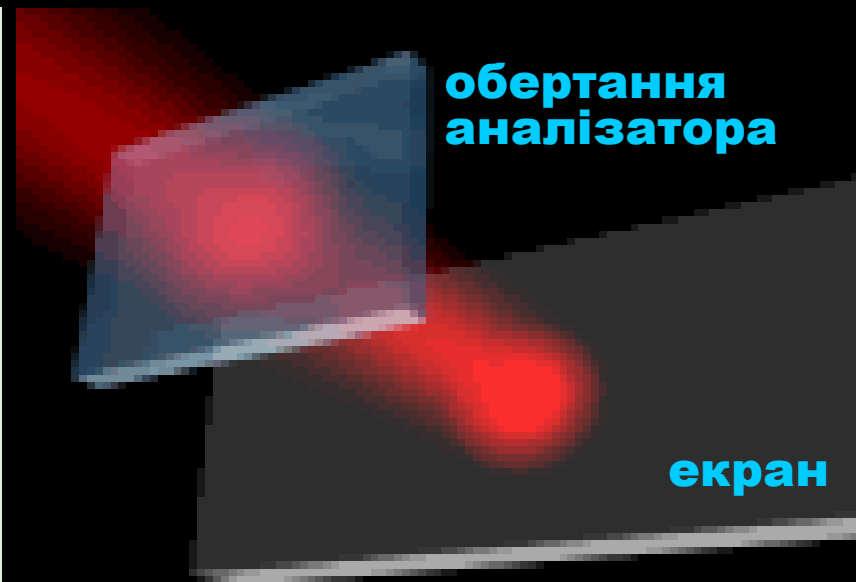
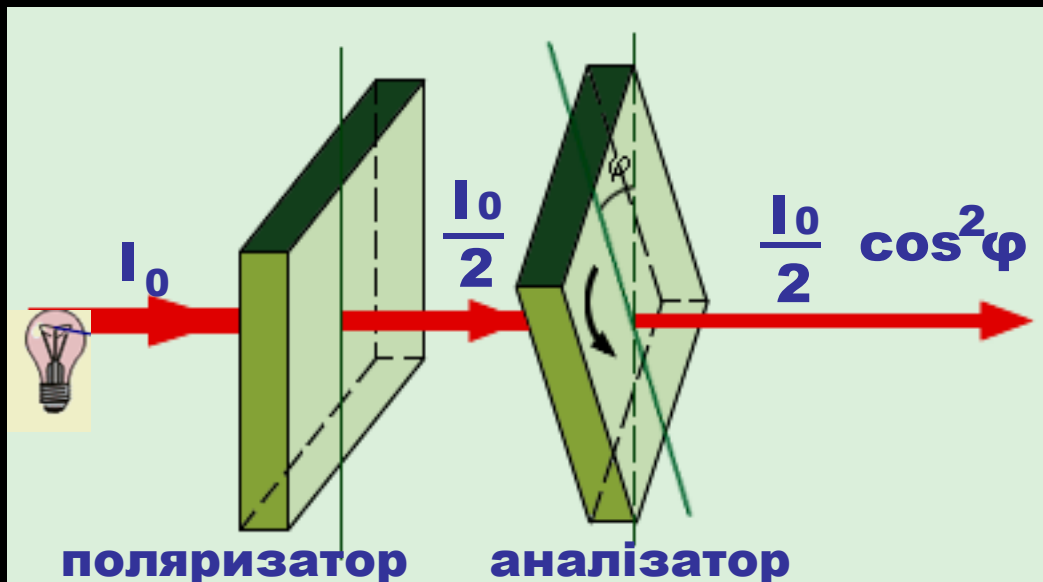


колова поляризація



ЗАКОН МАЛЮСА

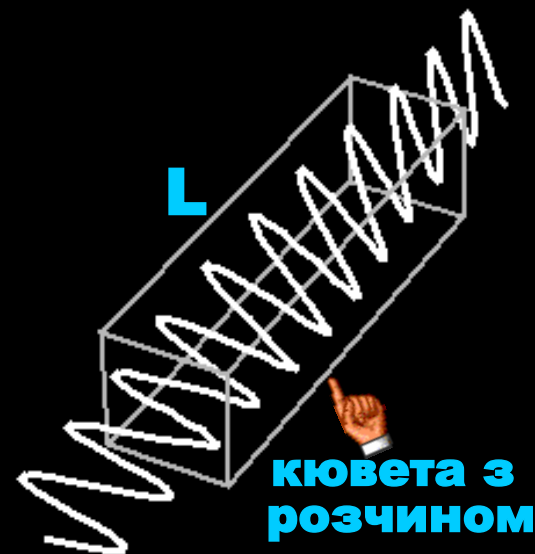
Пристрій, що дозволяє отримати плоскополяризоване світло з природного неполяризованого світла, називається поляризатором. Він пропускає на головну площину поляризації тільки деяку складову векторів E і H . При цьому інтенсивність поляризованого світла дорівнює половині інтенсивності падаючого світла. Світло може виявитися поляризованим при відбиванні, заломленні або розсіянні. Поляризаторами є деякі анізотропні середовища - кристали турмаліну, польового шпату і ін., дзеркала, призми - Николя, Волластона і ін. Плоско поляризоване світло випускається деякими джерелами, наприклад, лазерними. Поляризатор, який використовується для аналізу поляризованого світла, називають аналізатором. У 1809 році французький інженер Малюс відкрив закон, названий його ім'ям. У досліджах Малюса світло послідовно пропускалося через дві однакові пластинки з турмаліну. Пластинки могли повертатися одна щодо іншої на кут φ . Інтенсивність світла, що пройшло опинилася прямо пропорційною $\cos^2\varphi$: **$I \sim \cos^2\varphi$** . З цього закону виходить, що при повороті аналізатора на 90° по відношенню до поляризатора промінь повинен згаснути.



ПОЛЯРИМЕТРІЯ

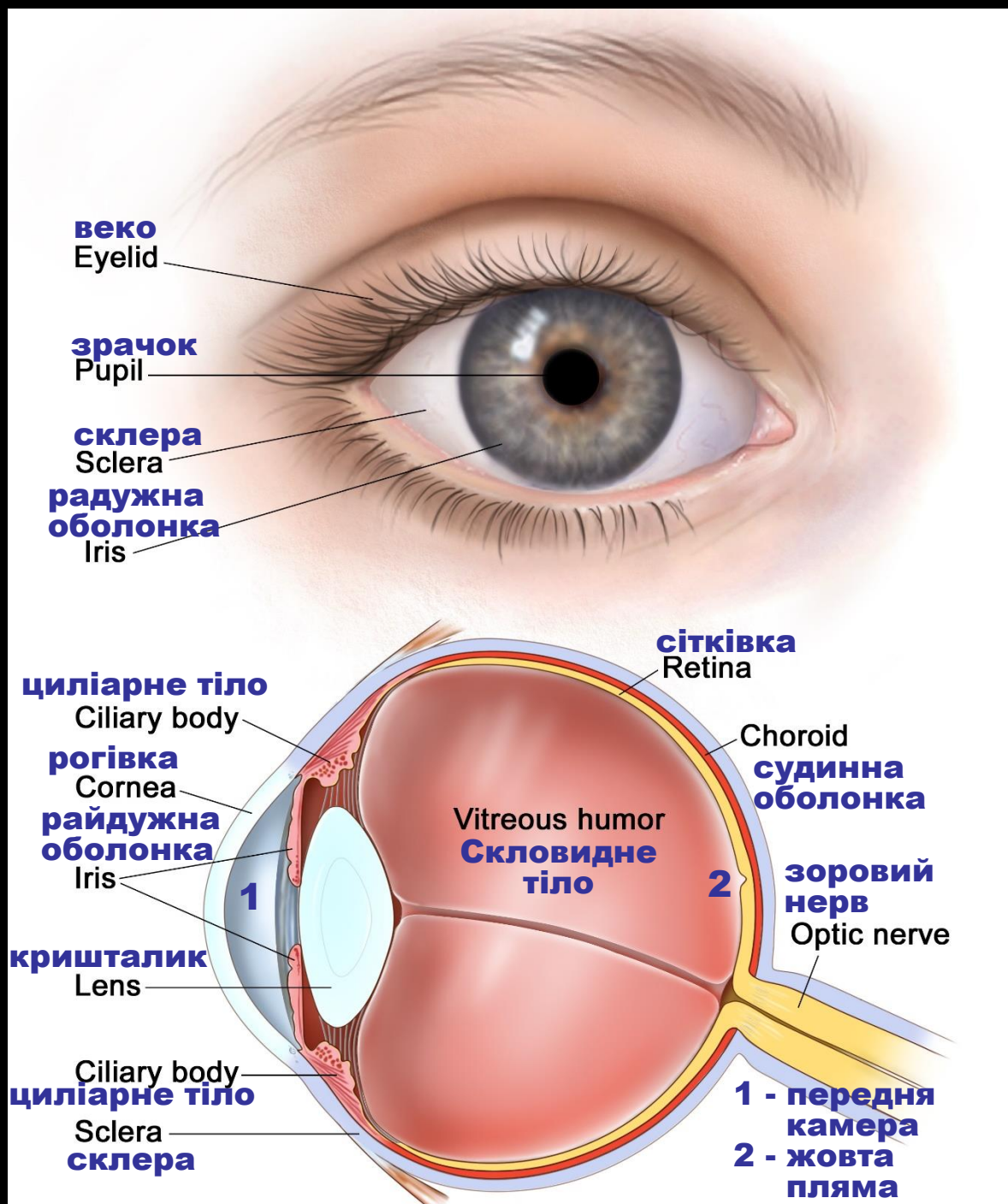
При проходженні плоскополяризованого світла через деякі речовини спостерігається зміна просторовій орієнтації площини поляризації (поворот площини на деякий кут). Такі речовини називаються оптично активними. До таких речовин належать деякі кристали (кварц, кіновар і ін.), чисті рідини (скипидар, нікотин і ін.), розчини деяких речовин (цукор, винна кислота і ін.), а також деякі гази (пари камфори). Оптичною активністю володіють всі найважливіші біологічні молекули (білки, нуклеїнові кислоти, вітаміни, полісахариди і ін.). Для розчинів був встановлений закон залежності кута повороту площини поляризації φ від концентрації оптично активної речовини в розчині C і довжини шляху світла в розчині L : $\varphi = aCL$, де a – деякий коефіцієнт, який має назву – питоме обертання.

Приведена формула лежить в основі **поляриметрії** – методу дослідження розчинів для ідентифікації речовин через визначення коефіцієнту a для розчинів відомої концентрації (якісний аналіз) і для визначення концентрації відомих речовин (кількісний аналіз). Крім того поляриметрію застосовують в молекулярній біофізиці для дослідження структурних перетворень. Важливим прикладом використання поляризованого світла є також поляризаційний мікроскоп. Оскільки деякі тканини (нервова, кісткова, м'язова) володіють оптичною активністю, при схрещених поляризаторі і аналізаторі будуть видні тільки ті структурні елементи, які обертають площину поляризації.



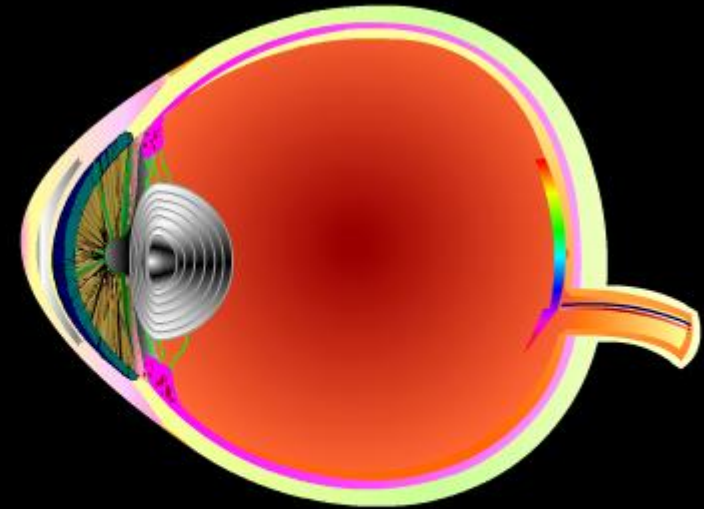
БУДОВА ОКА

Око має майже кулясту форму і діаметр близько 2,5 см. Зовні воно покрите захисною оболонкою білого кольору – **склерою**. Передня прозора частина склери називається **рогівкою**. На деякій відстані від неї розташована **радужна оболонка**, забарвлена пігментом. Отвір у веселковій оболонці називається **зіницею**. Простір між рогівкою і радужною оболонкою називається **передньою камерою** у якій знаходиться прозора рідина. За зіницею знаходиться **кришталік** – еластичне лінзоподібне тіло. Решта частини ока заповнена **склоподібним тілом**. Задня частина ока – **очне дно**, воно покрите **сітчастою оболонкою**, що є складним розгалуженням зорового нерва з нервовими закінченнями – **паличками** і **колбочками**, які є світлочутливими елементами.



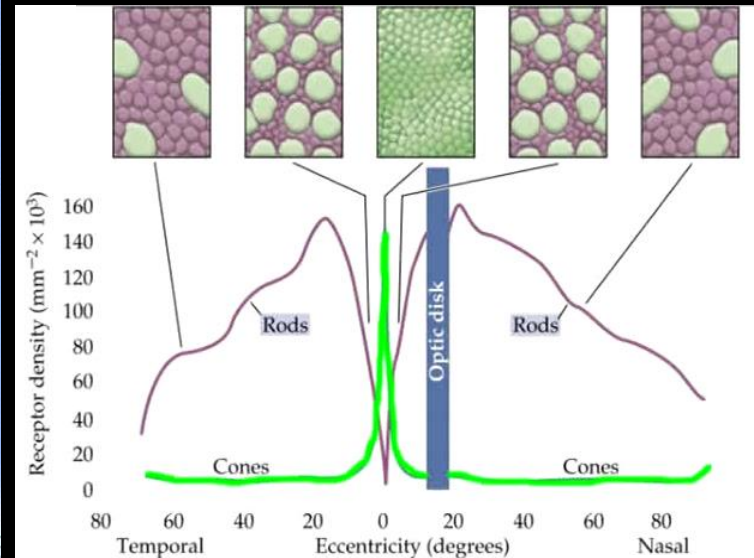
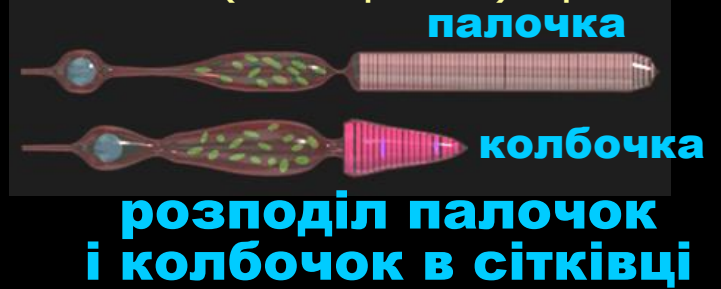
АККОМОДАЦІЯ ОКА

Рогівка, прозора рідина передньої камери, кришталік і склоподібне тіло утворюють оптичну систему, оптичний центр якої розташований на відстані близько 5 мм від рогівки. При розслабленому очному м'язі оптична сила ока приблизно рівна 59 дптр, при максимальній напрузі м'яза – 70 дптр. Основна особливість ока як оптичного інструменту полягає в здатності рефлекторно змінювати оптичну силу очної оптики залежно від положення предмету з метою фокусування зображення на сітківку. Таке пристосування ока до зміни положення предмету, що спостерігається називається **акомодацією**. Здійснюється акомодація за рахунок зміни кривизни кришталіка циліарними м'язами.

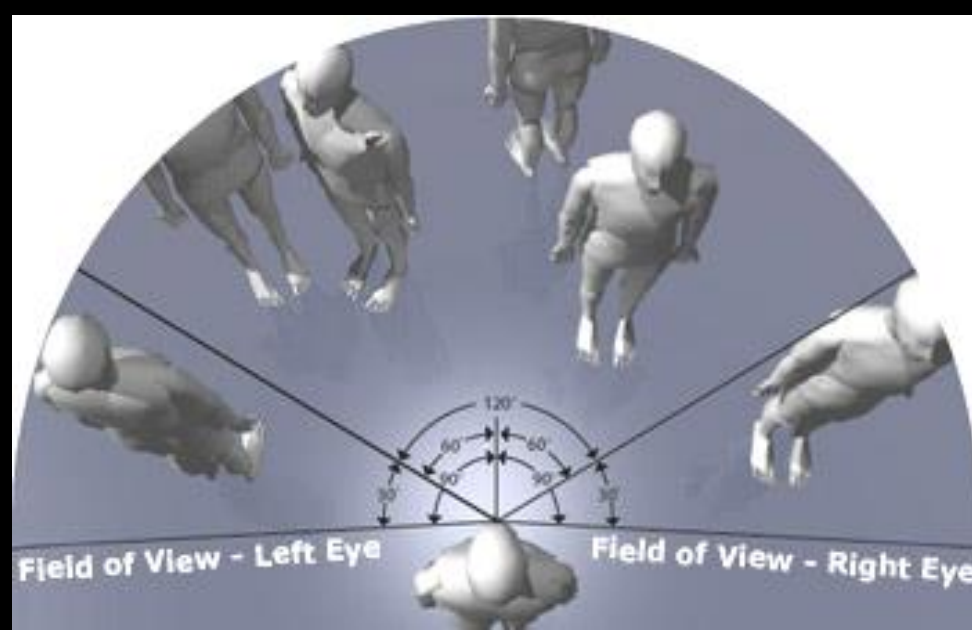
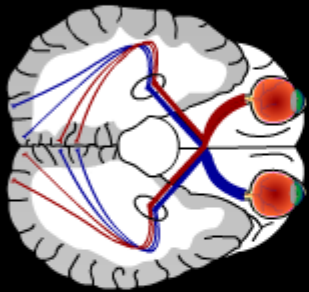


БУДОВА СІТКІВКИ

Сітківка у край тонка (її товщина коливається від 0,03 мм до 0,012 мм), але має надзвичайно складну будову. Вона складається з восьми шарів, з яких тільки один пов'язаний із сприйняттям зорових образів. Цей шар складається з найдрібніших паличкоподібних і колбочкоподібних клітин (загальна кількість яких близько 126 млн.), що відрізняються один від одного формою і вельми нерівномірно розподілені по сітківці. Ці світлосприймаючі клітини називаються зоровими рецепторами. Палички і колбочки спеціалізовані по виконуваним ними функції – палички відповідають за смерковий (чорно-білий) зір, а колбочки – за денний (кольоровий) зір.



ПОЛЕ ЗОРУ



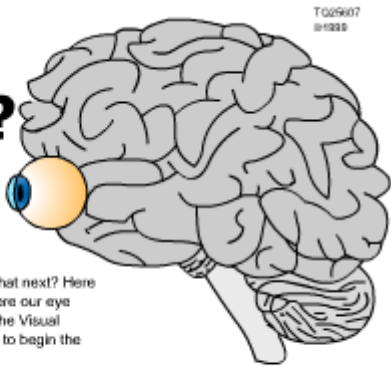
поле зору правого ока



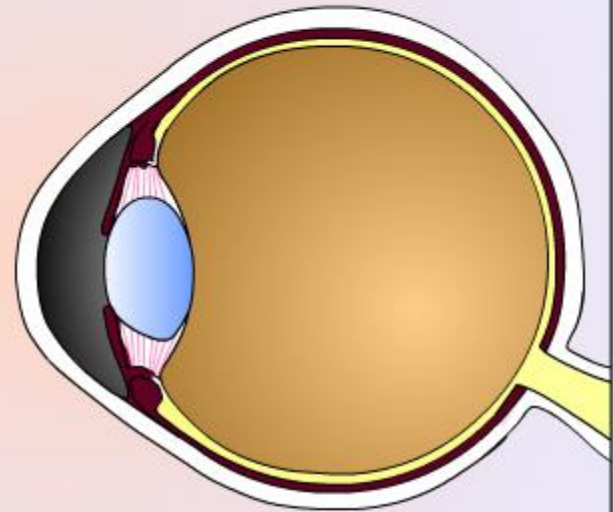
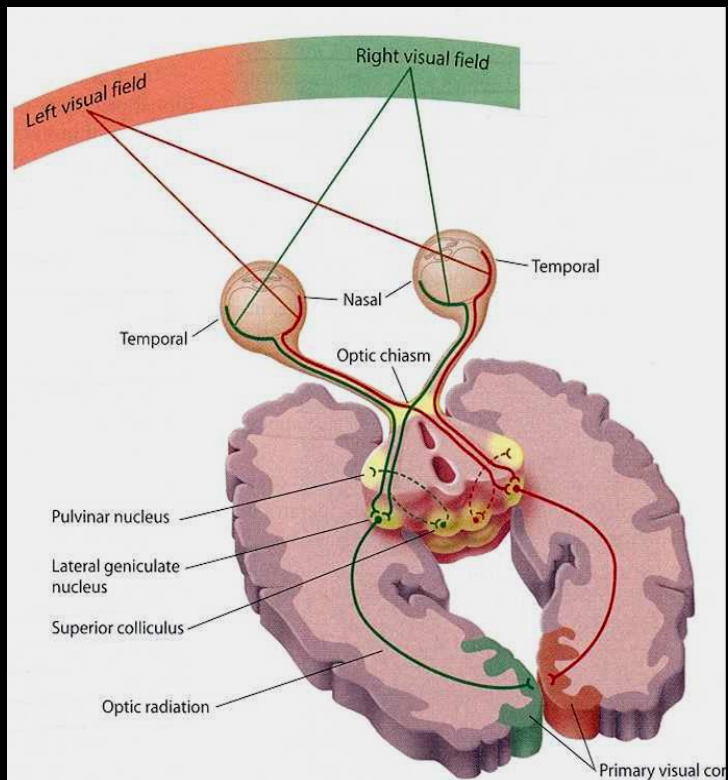
НЕРВОВІ ОПТИЧНІ ШЛЯХИ

How Do We See?

So once the light reaches our eye, what next? Here we follow where the signals from where our eye travel to in the brain, also known as the Visual Pathway. Hit go when you are ready to begin the journey into our brain.



У рецепторах сітківки під дією променів світла виникає збудження, яке проводиться по відростках нейронів, що збираються в зоровий нерв. По ньому збудження потрапляє в зоровий центр головного мозку, який знаходиться в потиличній частині голови, в підставі черепа. Основна частина нервових шляхів перетинається в передній частині підстави черепа. Мозок приймає інформацію з правого і лівого ока і об'єднує її в єдиний образ.

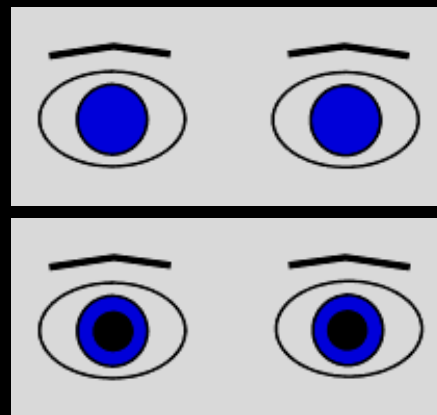
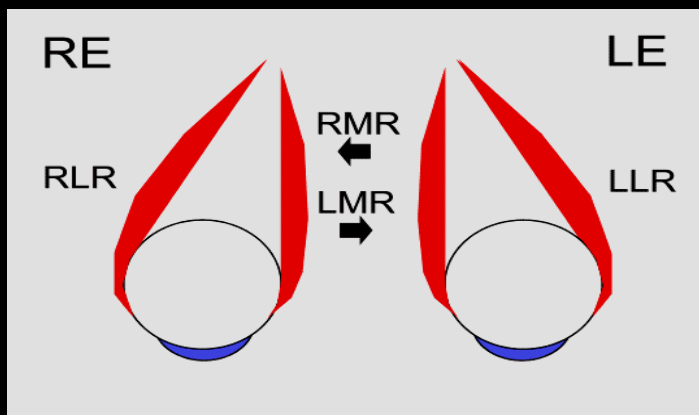
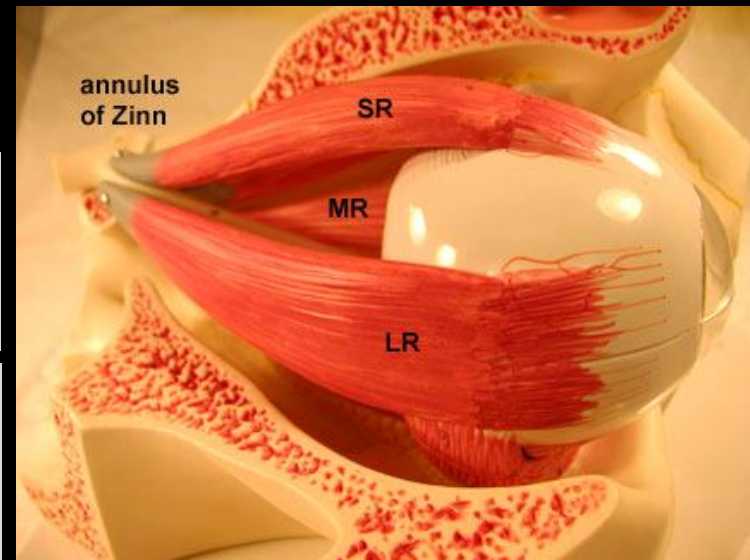
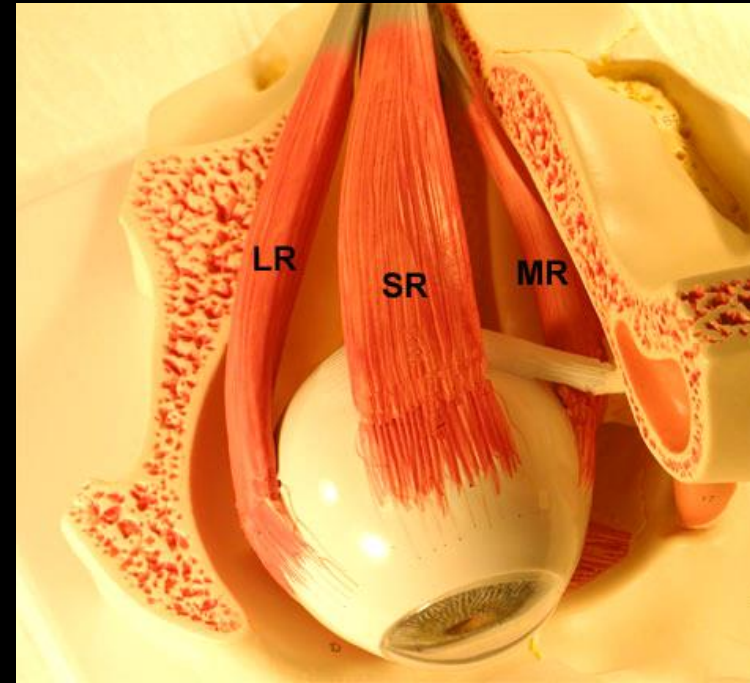


STEP-THROUGH | NARRATED

М'ЯЗИ ОКА

Внутрішні очні м'язи служать для відкриття зіниці і зміни форми кришталика. Їх функція контролюється симпатичною і парасимпатичною нервовою системою. Зовнішні відповідають за рухи очного яблука. За допомогою рухів нашої голови або тіла, ми переміщаємо об'єкт, на який намагаємося подивитися, в полі зору. В той же час, зображення цього об'єкту повинне потрапити на жовту пляму на сітківці. Це можливо завдяки скороченням 6 зовнішніх очних м'язів. Вони повертають, піднімають і опускають очне яблуко.

Кожен з 6 м'язів відповідає за певний рух:
внутрішній прямий м'яз - внутрішнє обертання
зовнішній прямий м'яз - зовнішнє обертання
верхній прямий м'яз - підняття
нижній прямий м'яз - опускання
верхній косий м'яз - зовнішній поворот і опускання
нижній косий м'яз - внутрішній поворот і підняття

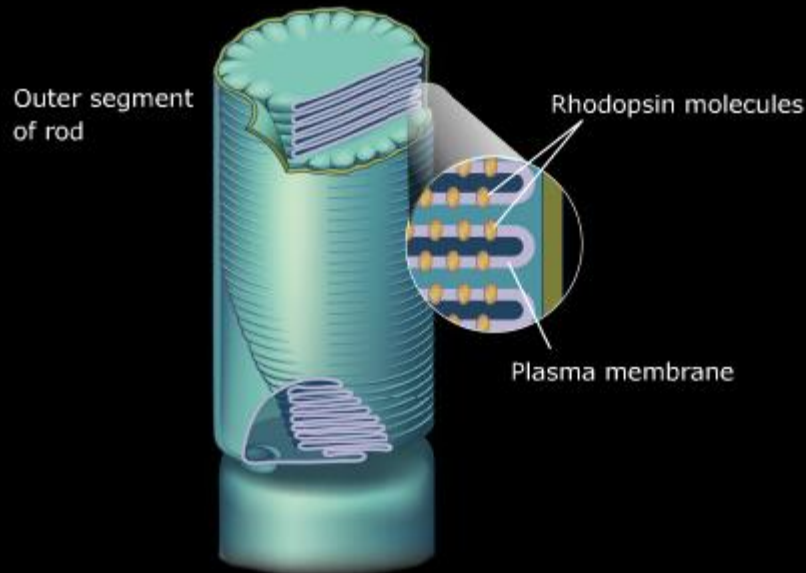




СВІТЛОВА ТА ТЕМНОВА АДАПТАЦІЯ

Адаптація ока — пристосування ока до зміни умов освітлення. Найповніше вивчені зміни чутливості ока людини при переході від яскравого світла в повну темноту (так звана **темнова адаптація**) і при переході від темноти до світла (**світлова адаптація**). Якщо око, що знаходилося раніше на яскравому світлі, помістити в темноту, то його чутливість зростає спочатку швидко, а потім більш поволі. Процес темнотної адаптації займає декілька годин, але вже до кінця першої години чутливість ока збільшується в (10 -100) тисяч раз, так що зоровий аналізатор виявляється здатним розрізнити зміни яскравості дуже слабкого джерела світла. Світлова адаптація відбувається значно швидше і займає при середніх яркостях 1-3 хвилини. Такі зміни чутливості спостерігаються в очах людини і тих тварин, сітківка яких, як і у людини, містить палички. Темнова адаптація властива і колбочкам: вона закінчується швидше і їх чутливість зростає лише в 10-100 раз.

Photoisomerization of rhodopsin



Loading animation

ПАТОЛОГІЇ ЗОРУ

Короткозорість,
або міопія це
нездатність
виразно бачити
віддалені об'єкти,
що пов'язано з
неправильною
(подовженою)
формою очного
яблука або
надмірною силою
рогівки. При міопії
світлові промені
фокусуються
перед сітківкою,
внаслідок чого
сприймана
картинка розмита.



ПАТОЛОГІЇ ЗОРУ

Далекозорість або гіперметропія - це нездатність виразно бачити віддалені об'єкти, що пов'язано із значним укороченням очної вісі (менше 23,5 мм.), або слабкою заломлюючою силою рогівки. При гіперметропії світлові промені фокусуються за сітківкою, внаслідок чого сприймана картинка розмита.

ПАТОЛОГІЇ ЗОРУ

Астигматизм - це патологія рефракції ока при якій порушується сферичність рогівки, тобто в різних меридіанах спостерігається різна заломлююча сила і зображення при проходженні світлових променів через таку рогівку формується не у вигляді точки, а у вигляді відрізка прямої, що також призводить до розмитості.



ПАТОЛОГІЇ ЗОРУ

Вікова

далекозорість, або
пресбіопія - це
патологія
рефракції, що
пов'язана з віком.

Приблизно до 40
років життя у
людини
відбуваються
склеротичні зміни
в кришталіку, що
призводить до
ущільнення його
ядра, а значить,
порушується
здатність ока до
акомодації.



КОРРЕКЦІЯ КОРОТКОЗОРОСТІ

UNCORRECTED NEARSIGHTEDNESS

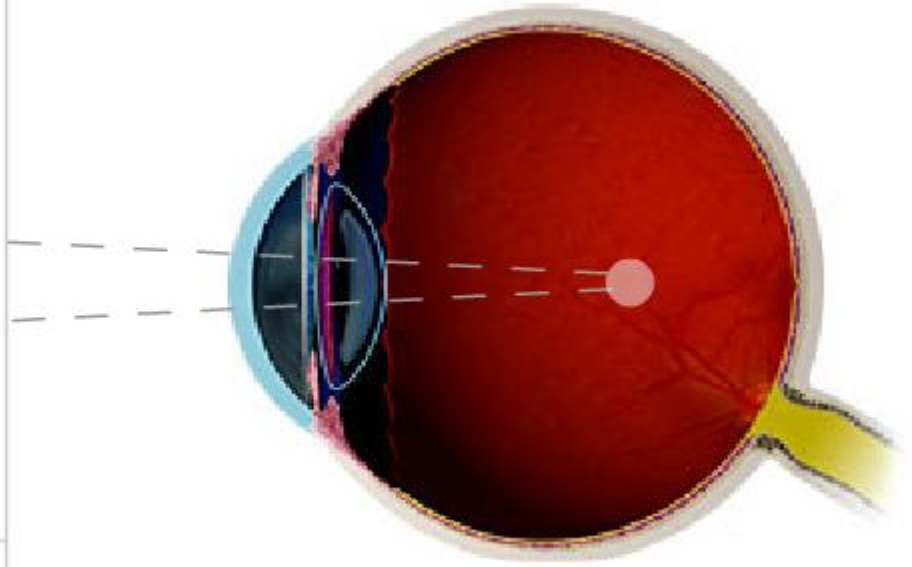
In the nearsighted eye, light is brought to a sharp focus in front of the retina instead of right on it. When light strikes the retina, since it is past the focus point, a blurry image is formed.

CLICK TO CORRECT BY:

EYE GLASSES

CONTACT LENS

LASER



нормальний зір



короткозорість



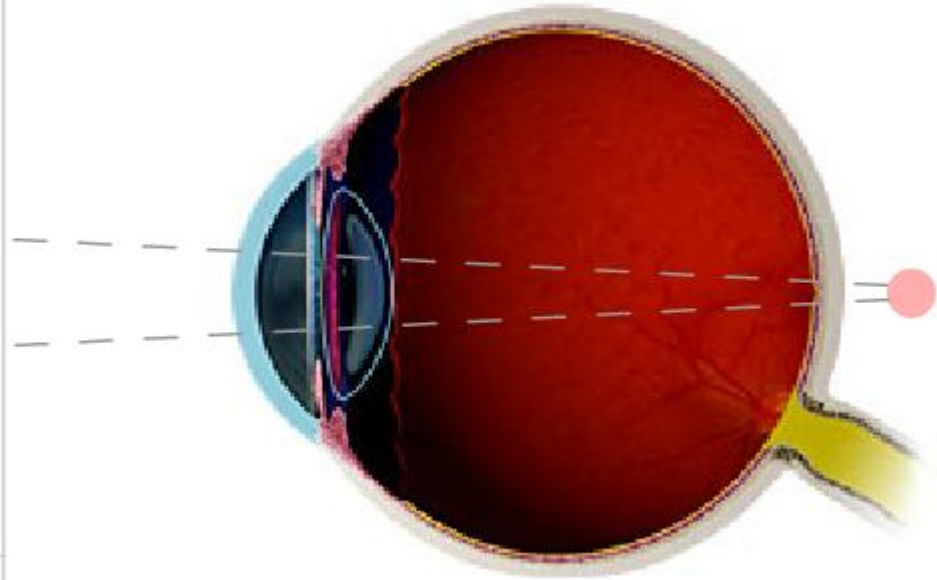
КОРРЕКЦІЯ ДАЛЕКОЗОРОСТІ

CLICK TO CORRECT BY:

EYE GLASSES

CONTACT LENS

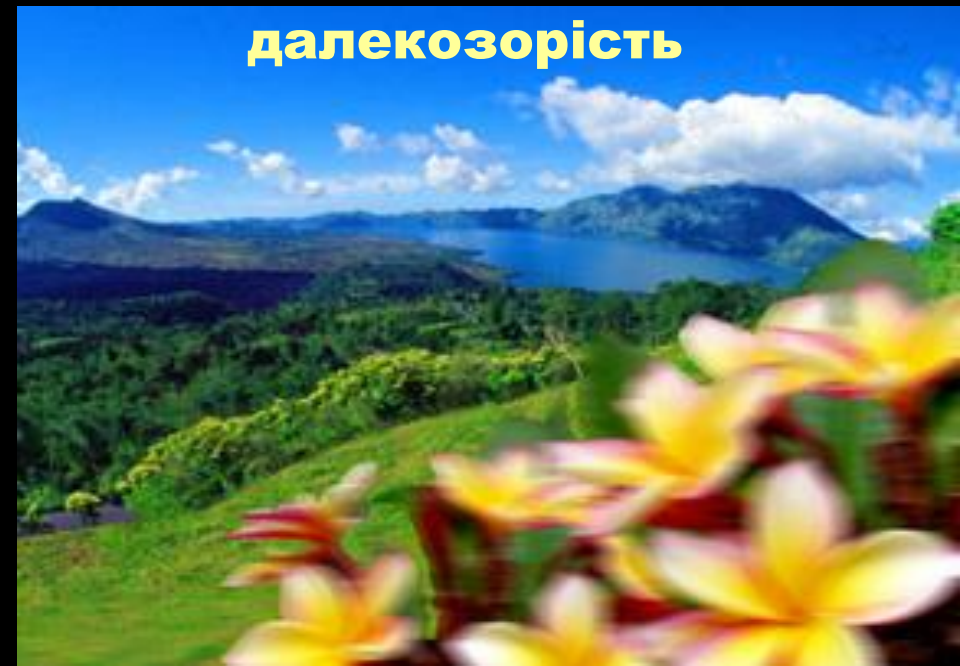
LASER



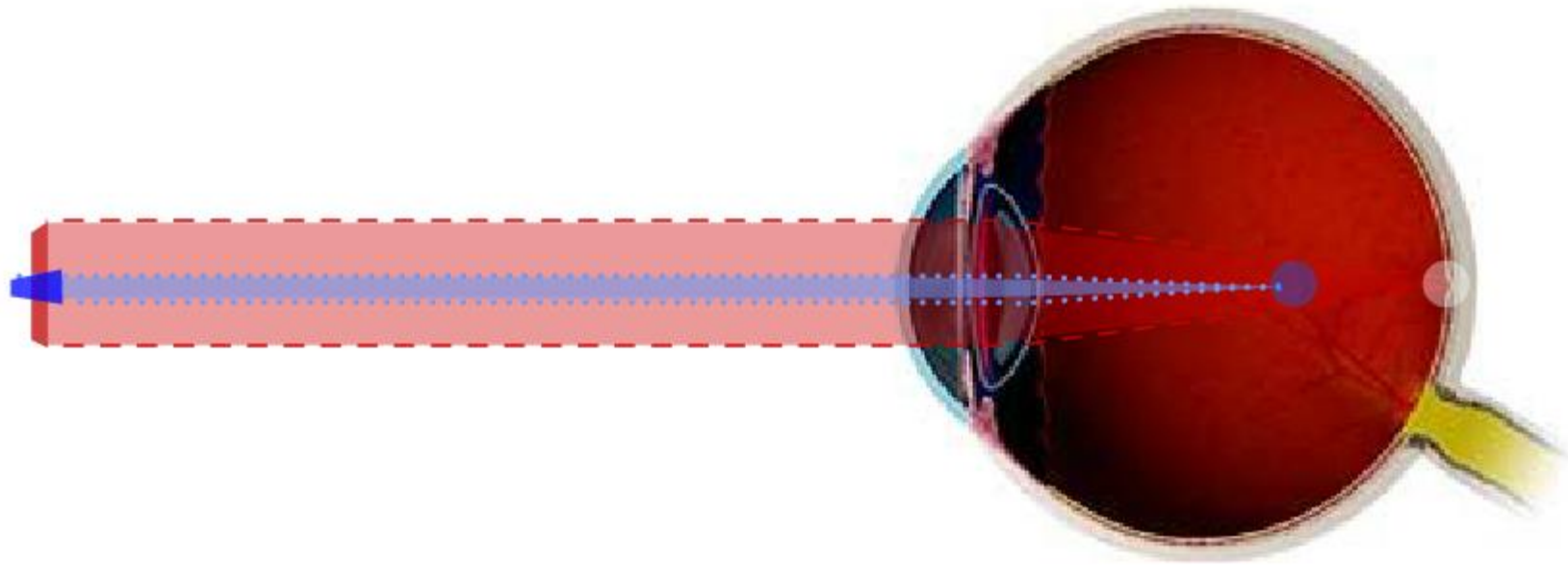
нормальне зір



далекозорість



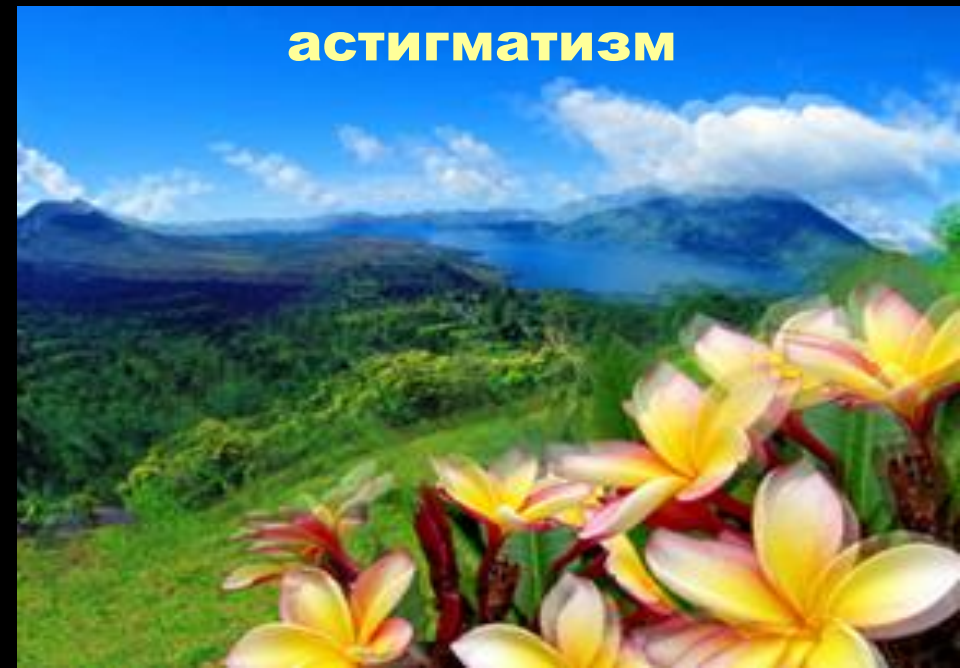
КОРРЕКЦІЯ АСТИГМАТИЗМА



нормальний зір

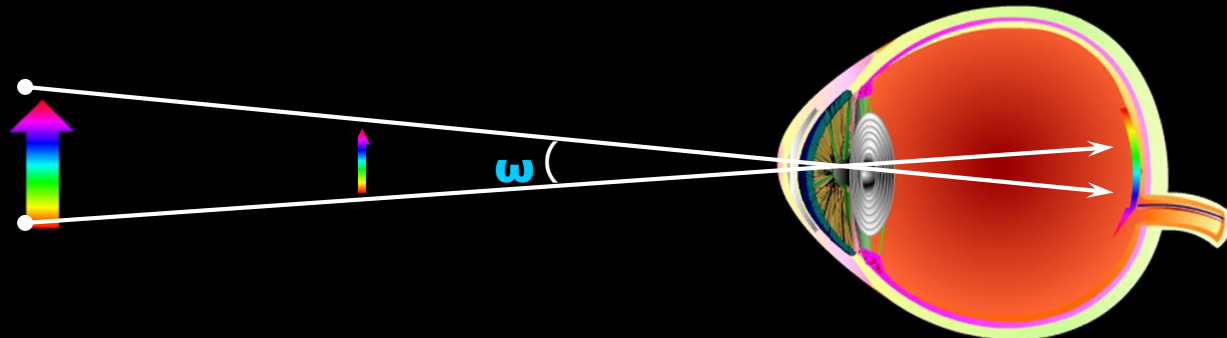
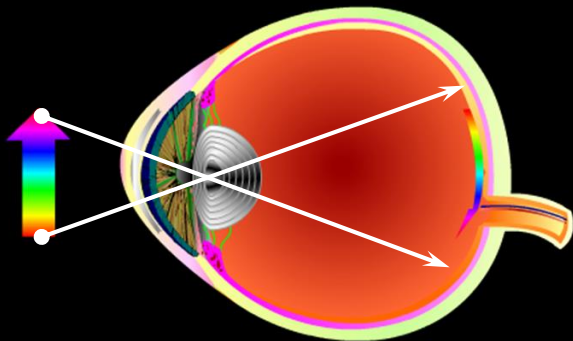


астигматизм



ГОСТРОТА ЗОРУ

Однією з головних характеристик зорового аналізатора є гострота зору. Гострота зору відображає здатність оптичної системи ока будувати чітке зображення на сітківці, тобто характеризує просторову роздільну здатність ока. Вона вимірюється шляхом визначення найменшої відстані між двома крапками, достатньої для того, щоб вони не зливалися, щоб промені від них потрапляли на різні рецептори сітківки. У зв'язку з тим, що ця відстань залежить від віддаленості крапок від ока, універсальною характеристикою гостроти зору служить кут, який утворюється між променями, що йдуть від двох точок предмету до ока, - кут зору. Чим менше цей кут, тим вище гострота зору. У нормі цей кут рівний 1 хвилині ($1'$). Кількісною оцінкою гостроти зору служить величина, зворотна мінімальному куту зору $V = 1 / \omega$. Існують, проте, значні індивідуальні відмінності, значення $V = 1,5$ зустрічається дуже часто, іноді воно доходить до $V = 2$. Бінокулярна гострота зору вище монокулярної приблизно в 1,3 раз. Гострота зору залежить від віку: приблизно до 17 років вона досягає максимуму і на цьому рівні зберігається до 60 – 65 років, після чого досить різко падає. Максимальна гострота зору спостерігається в центральній зоні сітківки на жовтій плямі. Чим далі від жовтої плями, тим нижче гострота зору; на відстані 20° від центру плями вона складає всього 0,1 від максимального значення.



ВИЗНАЧЕННЯ ГОСТРОТИ ЗОРУ

Гострота зору визначається по таблиці з тестовими знаками. Таблиця складається з двох частин: одна містить декілька рядків з друкарськими буквами російського алфавіту, інша – з кільцями Ландольта. У верхньому ряду розташовані найкрупніші знаки, і розриви в них найбільші, в кожному подальшому ряду вони стають менше.

D=50.0	Ш	Б	О	С	V=0.1										
D=25.0	М	Н	К	С	О	О	V=0.2								
D=16.67	Ы	М	Б	Ш	О	О	О	С	V=0.3						
D=12.5	Б	Ы	Н	К	О	О	О	С	V=0.4						
D=10.0	И	Н	Ш	М	К	С	О	О	О	О	V=0.5				
D=8.33	Н	Ш	Ы	И	К	Б	О	С	О	О	О	V=0.6			
D=7.14	Ш	И	Н	Б	К	Ы	О	О	О	С	О	О	V=0.7		
D=6.25	К	Н	Ш	М	Ы	Б	И	С	О	О	О	О	С	V=0.8	
D=5.55	Б	К	Ш	М	И	Ы	Н	О	О	О	С	О	О	О	V=0.9
D=5.0	Н	К	И	Б	М	Ш	Ы	Б	О	О	О	О	С	О	V=1.0
D=3.33	Ш	И	Н	К	М	И	Ы	Б	О	О	О	С	О	О	V=1.5
D=2.5	И	М	Ш	Ы	Н	Б	М	К	О	О	О	С	О	О	V=2.0

Проти кожного ряду тестових знаків вказані значення гостроти зору від 0,1 до 2,0, розраховані для відстані, рівної 5 м. Завдання пацієнту, який знаходиться на цій відстані від таблиці, сказати, в якому ряду він ще може розрізнати розриви в кільцях або букви. Третя знизу строчка таблиці відповідає гостроті зору рівній одиниці, оскільки просвіт в кільці з відстані 5 м спостерігається під кутом 1 хвилина.