

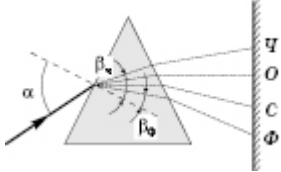
Хвильові властивості світла. Дифракція та дисперсія світла. Поняття про голографію. Інтерференція світла. Когерентність світлових хвиль. Поляризація світла.

План викладення нового матеріалу:

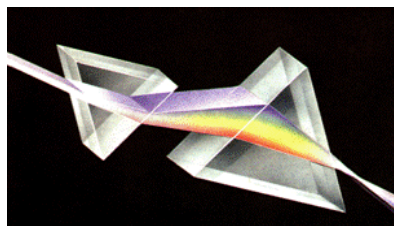
1. Хвильові властивості світла
2. Дифракція та дисперсія світла.
3. Поняття про голографію.
4. Принцип незалежності світлових пучків.
5. Когерентність хвиль. Інтерференція хвиль. Інтерференція світла. Кольори тонких плівок. Кільця Ньютона. Інтерференція світла в природі; застосування в техніці.
6. Поляризація світла. Поляріди.

Багато хто сумнівався у хвильовій теорії Гюйгенса, але серед нечисленних прихильників хвильових поглядів на природу світла були М. Ломоносов і Л. Эйлер. З досліджень цих учених теорія Гюйгенса початку оформлятися як теорія хвиль, а не просто аперіодичних коливань, що поширюються в ефірі. **Дисперсією світла** називається явище залежності швидкості світла (а отже, і показника заломлення n світла речовиною) від довжини хвилі (частоти) світла.

Показник n тим більший, чим менша λ . Якщо на скляну призму спрямувати промінь сонячного світла, то на виході з призми буде спостерігатися розширена світлова смуга із забарвленням, що безперервно (плавно) змінюється. Ця смуга називається **спектром**.



Для запам'ятовування послідовності кольорів у спектрі зручно користуватись мнемонічною умовною фразою. Усім відома фраза про «допитливого мисливця» («Каждый охотник желает знать...»). Можна запропонувати «саморобне» речення українською: «**Чарівна Олена і Жаба Зелена Багатьом Сприяли Фантазіям**» (початкові літери цих слів дозволяють пам'ятати чергування кольорів: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, блакитний, синій, фіолетовий).



Займаючись удосконаленням телескопів. Ньютон звернув увагу на те, що зображення, що дає об'єктивом, по краях пофарбовано. Він зацікавився цим і перший «досліджував розмаїтість світлових променів й особливості, що виникають звідси, квітів, яких до того ніхто навіть не підозрював» (слова з напису на надгробному пам'ятнику Ньютону). Райдужне фарбування зображення, що дає лінзою, спостерігали, звичайно, і до нього. Було замічено також, що райдужні краї мають предмети, розглянуті через призму. Пучок світлових променів, що пройшов через призму, офарблюється по краях. Основний досвід Ньютон був геніально простий. Ньютон догадався направити на призму світловий пучок малого поперечного переріза. Пучок сонячного світла проходив у затемнену кімнату через маленький отвір у ставні. Падаючи на скляну призму, він переломлювався й давав на протилежній стіні подовжене зображення з райдужним чергуванням квітів. Впливаючи багатовікової традиції, відповідно до якої веселка вважалася складається із семи основних квітів. Ньютон теж виділив сім квітів: фіолетовий, синій, блакитний, зелений, жовтий, жовтогарячий і червоний. Саму райдужну смужку Ньютон назвав спектром Закривши отвір червоним склом. Ньютон спостерігав на стіні тільки червона пляма, закривши синім склом, спостерігав синю пляму й т.д. Звідси впливало, що не призма офарблює

біле світло, як передбачалося раніше. Призма не змінює світло, а лише розкладає його на складові частини.

Схема розкладання білого світла за допомогою призми. Різним квітам відповідають хвилі різної довжини. Ніякої певної довжини хвилі білому світлу не відповідає.

Біле світло має складну структуру. З нього можна виділити пучки різних квітів, і лише спільна їхня дія викликає в нас враження білих кольорів. Справді, якщо за допомогою другої призми, поверненої на 180° щодо першої, зібрати всі пучки спектра, то знову вийде біле світло. Виділивши ж яку-небудь частину спектра, наприклад зелену, і змусивши світло пройти ще через одну призму, ми вже не одержимо подальшої зміни фарбування.

Інший важливий висновок, до якого прийшов Ньютон, був сформульований їм у трактаті по «Оптиці» у такий спосіб: «Світлові пучки, що відрізняються по кольорах, відрізняються по ступені переломлюваності» (для них скло має різні показники переломлення). Найбільше сильно переломлюються фіолетові промені, менше інших - червоні. Залежність показника переломлення світла від його кольорів Ньютон назвав дисперсією.

Промінь червоних кольорів переломлюється менше через те, що червоне світло має в речовині найбільшу швидкість, а промінь фіолетових кольорів більше, тому що швидкість фіолетового світла найменша. Саме тому призма й розкладає світло. У порожнечі швидкості світла різних кольорів однакові. Якщо був б не так, те, приміром, супутник Юпітера Іо, що спостерігав Ремер, здався б червоним у момент його виходу з тіні. Але цього не спостерігається.

Згодом була з'ясована залежність кольорів від фізичних характеристик світлової хвилі: частоти коливань або довжини хвилі. Тому можна дати більше глибоке визначення дисперсії, чим те, до якого прийшов Ньютон. **Дисперсією називається залежність показника переломлення світла від частоти коливань (або довжини хвилі)**

Явище дисперсії, відкрите Ньютоном, - перший крок до розуміння природи кольорів. Глибина розуміння дисперсії прийшла після того, як була з'ясована залежність кольорів від частоти (або довжини) світлової хвилі.

Розподіл енергії в спектрі білого світла. Теплове випромінювання

Білим світлом називають світло, в якому представлено випромінювання всіх частот видимої області спектра. Під час попадання білого світла на яке-небудь тіло, частина його відбивається («колір тіла»), а частина поглинається. Якщо поглинається все світло, тіло виглядає чорним. ***У фізиці чорним тілом (застаріла назва – абсолютно чорне тіло) називається тіло, що поглинає всі випромінювання, які потрапили на нього, незалежно від довжини хвилі, напряму падіння, стану поляризації випромінювання.***

Теплове випромінювання - це випромінювання, причиною якого є тільки нагрівання тіла.

Теплове випромінювання – це випромінювання чорного тіла. Чорним тілом, наприклад можна вважати великий отвір у порожнистій кулі, покритий всередині сажено.

Частота, відповідна максимальному значенню випромінювальної здатності, прямо пропорційна абсолютній температурі.

При нагріванні до 700 С випромінюються практично тільки інфрачервоні промені.

При 750 С починають випромінюватися червоні промені (тіло стає червоного кольору)

При 1500 С спостерігається весь спектр видимого випромінювання, але максимум випромінювання залишається в інфрачервоних променях.

За розподілом енергії в неперервному спектрі можна зробити висновок про температуру віддалених об'єктів, наприклад, Сонця, зірок.

Якщо процес поширення світла є хвильовим процесом, то, окрім інтерференції, має бути і дифракція світла. Адже дифракція - це огинання хвилями країв перешкод - властива будь-якому хвильовому руху. Але спостерігати дифракцію світла важко, оскільки хвилі відхиляються від перешкод на помітні кути лише за умови, що розміри перешкод приблизно дорівнюють довжині хвилі, а вона дуже мала.

Уперше, відкривши інтерференцію, Юнг виконав дослід з дифракції світла, за допомогою якого були вивчені довжини хвиль, що відповідають світловим променям різного кольору. Вивчення дифракції отримало своє завершення в працях О. Френеля, який і побудував **теорію дифракції**, яка в принципі дозволяє розраховувати дифракційну картину, яка виникає внаслідок огинання світлом будь-яких перешкод. Таких успіхів Френель досягнув, об'єднавши принцип Гюйгенса ідеєю інтерференції

вторинних хвиль. **Принцип Гюйгенса-Френеля формулюється так: дифракція виникає внаслідок інтерференції вторинних хвиль.**

На основі цього принципу Френель пояснив закони геометричної оптики, а саме: характер прямолінійного поширення світла в однорідному середовищі. Він створив приблизний спосіб розрахунку дифракційної картини, в основу якого поклав поділ хвильової поверхні на зони.

Явище відхилення світла від прямолінійного поширення називається дифракцією світла. Оскільки довжина світлової хвилі є дуже малою, то і розміри перешкод чи щілини мають бути малими.

Наприклад, під час проходження монохроматичного світла через круглий отвір, розмір якого сумірний з довжиною падаючих світлових хвиль, на екрані навколо центральної світлової плями спостерігаються темні і світлі кільця, що чергуються (рис. 6.39).



Рис. 6.39.



Рис. 6.40.

Якщо таке саме світло проходить через вузьку щілину, то матимемо маку картину, зображену на рис. 6.40. Поява світлих і темних кілець, що чергуються, в ділянці геометричної тіні французький фізик Френель пояснив інтерференцією світлових хвиль, які надходять у результаті дифракції із різних точок отвору в одну точку на екрані.

Особливо чітку дифракційну картину утворюють дифракційні ґрати. **Дифракційні ґратки - це сукупність дуже вузьких щілин, розділених непрозорими проміжками (рис. 6.41).**

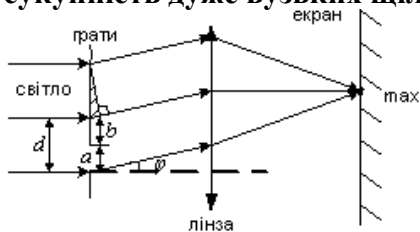


Рис. 6.41.

Якщо a - ширина прозорої частини, а b - непрозорої, то:

$$d = a + b = \frac{l}{N}$$

де l - ширина ґрат; N - кількість щілин. Спрямуємо на ґрати паралельний пучок променів. Кожна точка щілини буде відхиляти промені у всіх напрямках, зокрема, і під кутом $\angle j$ від початкового напрямку. Якщо ці промені зібрати на екрані, наприклад, за допомогою збиральної лінзи, то можна отримати підсилення чи послаблення світла - дифракційний максимум чи мінімум освітленості.

Із заштрихованого трикутника отримаємо різницю ходу:

$$Dd = d \cdot \sin j.$$

Якщо в цю різницю ходу вкладеться ціла кількість довжин хвиль, то на екрані спостерігатиметься дифракційний максимум, а якщо непарна кількість півхвиль, - мінімум.

Таким чином, $Dd = kl$, а також $Dd = d \cdot \sin j$, то для умови максимуму дифракційної ґратки, отримаємо:

$$d \cdot \sin j = kl \quad (1)$$

де $k = 1, 2, 3, \dots, n$ (ціле число), l - довжина падаючої світлової хвилі.

Внаслідок дифракції на дифракційних ґратах білого світла всі головні максимуми, крім центрального нульового максимуму, будуть забарвленими. Зі збільшенням довжини хвилі головні максимуми всередині розміщуються під великим кутами від центрального. Райдужна полоска, що містить сім кольорів - від фіолетового до червоного (підрахунок ведеться від центрального максимуму), називають **дифракційним спектром**.

Якщо відомо період ґрат d , і виміряно кут j , під яким спостерігається максимум і порядок спектра k , тоді можна визначити довжину світлової хвилі:

$$\lambda = \frac{d}{k} \sin \varphi$$

Вона дорівнює: $l_{\text{ч}} \approx 8 \cdot 10^{-7} \text{ м}$; $l_{\text{ф}} \approx 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.

Інші кольори мають проміжні значення.

Промисловість виготовляє дифракційні ґрати, які містять 50 штрихів/мм, 100 штрихів/мм, 600 штрихів/мм, 1200 штрихів/мм і дзеркальні ґрати з 6000 штрихів/мм.

Велику популярність здобули репліки із дифракційних ґрат.

ґрати використовують в приладах для спектрального аналізу.

1. Принцип незалежності світлових пучків.

На попередніх заняттях ми з'ясували, що світло – це електромагнітна хвиля і йому притаманні хвильові властивості.

Найбільш видовишно хвильові властивості світла підтверджуються явищами інтерференції та дифракції. З повсякденного досвіду відомо, що чим більше лампочок увімкнено в кімнаті, тим більша освітленість предметів в цій кімнаті.

Світлові пучки, *поширюючись від різних джерел світла*, не впливають один на одного. Вони поширюються незалежно один від одного без взаємних перешкод, без викривлень. У цьому й полягає **принцип незалежності світлових пучків**.

Аналогічно поширюються звукові хвилі (приклад з оркестром) і радіохвилі.

Однак з'ясовується, що при взаємодії двох світлових потоків, які *виходять з одного джерела* і розповсюджуються надалі в одному напрямку, створюються світлі та темні ділянки, що чередуються. Таке явище носить назву *інтерференції світла* (від лат. inter — взаємно, між собою і ferio — ударяю, уражаю).

Зовнішніми проявами цього явища можуть бути :

забарвлення мильних бульбашок, хоча мильний розчин немає кольору,
кольорові розводи на тонких плівках бензину, гасу, олії, крильцях бабок,
отримання кілець Ньютона в тонкому прошарку повітря між скляною пластинкою та плоско-опуклою лінзою,
відбиття увімкненої настільної лампи в компакт-диску, забарвлене в райдужні кольори.

Інтерференція — загальна властивість хвиль будь-якої природи

2. Когерентність хвиль.

Стійка в часі інтерференційна картина може спостерігатися тільки у разі додавання корельованих (взаємозалежних) коливань, які називаються *когерентними хвилями* (від лат. cohaerens — той, що перебуває у зв'язку).

Когерентні (зв'язані) хвилі — це хвилі, що мають однакову частоту та незмінний зсув фаз у кожній точці простору.

Багаточисельні досліди показали, що *звичайні джерела світла не дають когерентних світлових хвиль*.

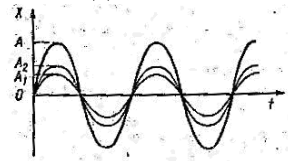
Причина полягає в тому, що світлові хвилі від двох джерел випромінюються незалежно одна від одної та мають непостійний в часі зсув фаз, в результаті амплітуда коливань у будь-якій точці простору хаотично змінюється з часом і ніякої стійкої картини з певним розподілом максимумів і мінімумів освітленості не спостерігається.

Але дві когерентні світлові хвилі можна отримати штучно, шляхом розділення світлового пучка від одного джерела на два або декілька окремих пучків.

3. Інтерференція хвиль.

Інтерференцією хвиль називається явище підсилення коливань в одних точках простору й ослаблення в інших у результаті накладання когерентних хвиль, які надходять у ці точки.

Підсилення світла відбувається внаслідок того, що світлові хвилі можуть зустрічатися так, що їх фази співпадають.



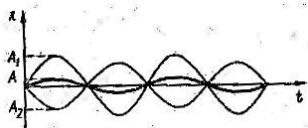
Легко зрозуміти, що коливання приходять в деяку точку простору в однакових фазах тоді, коли різниця ходу хвиль дорівнює цілому числу довжин хвилі (парному числу півхвиль).

Умова максимуму інтерференційної картини.

Амплітуда коливань середовища в даній точці максимальна, якщо різниця ходу двох хвиль, які збуджують коливання в цій точці, дорівнює цілому числу довжин хвиль:

$\Delta X = k\lambda$, де ΔX — різниця ходу двох хвиль, а $k = 0, 1, 2, \dots$

Ослаблення світла відбувається внаслідок того, що світлові хвилі можуть зустрічатися так, що їх фази будуть протилежними.



Легко зрозуміти, що коливання приходять в деяку точку протифазою, коли різниця ходу дорівнює непарному числу півхвиль. *Умова мінімуму інтерференційної картини.*

Амплітуда коливань середовища в даній точці мінімальна, якщо різниця ходу двох хвиль, які збуджують коливання в цій точці, дорівнює непарному числу півхвиль:

$$\Delta X = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

Внаслідок інтерференції відбувається перерозподіл енергії в просторі. Вона не розподіляється рівномірно по всіх точках середовища, а концентрується в максимумах за рахунок того, що не надходить в точки мінімуму.

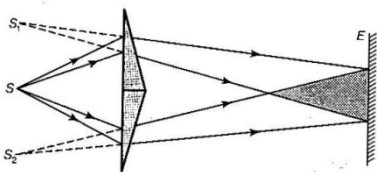
4. Інтерференція світла.

Дві когерентні світлові хвилі можна отримати штучно, шляхом розділення світлового пучка від одного джерела на два або декілька окремих пучків.

Промені повинні пройти різні шляхи, зустрітися і йти далі в одному напрямку.

За допомогою методу Френеля вивчається інтерференційний дослід із дзеркалами або біпризмою Френеля. Інтерференційна картина виникає і при розщепленні світла за допомогою плоско-паралельної пластинки, клина.

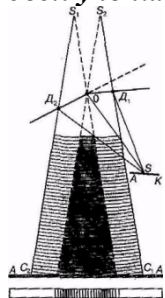
У першому випадку використовується явище відбивання, у другому — заломлення.



Біпризма — це дві вузькі призми, складені малими основами. Поставимо перед біпризмою джерело 5 монохроматичного випромінювання, тобто випромінювання з однією строго визначеною частотою коливань. Таке випромінювання

можна дістати за допомогою світлофільтра, який пропускає світло одного кольору, точніше — однієї частоти коливань. На екрані Е виникне інтерференційна картина. Вона є чергуванням світлих і темних смуг із світлою смугою посередині. Світлі смуги інтерференції мають колір світлофільтра, встановленого перед джерелом світла.

Пояснюється виникнення інтерференційної картини так. Усі промені, які падають на верхню призму, після заломлення в ній ідуть так, ніби вони вийшли з точки S1 яка є уявним зображенням джерела світла S. Аналогічно промені після заломлення в нижній призмі йдуть так, ніби вони вийшли з точки S2. Таким чином, на всій поверхні екрана відбувається накладання когерентних променів, які ніби йдуть від двох уявних і когерентних джерел світла S1 і S2.



Якщо на біпризму спрямувати світло якогось іншого кольору, то спостерігатиметься аналогічна інтерференційна картина, але відстані між світлими і темними смугами будуть іншими. Наприклад, під час освітлення біпризми червоним світлом відстані між смугами виявляються більшими, ніж у разі освітлення зеленим чи синім світлом.

А що спостерігатиметься на екрані, якщо біпризму освітити білим світлом? У цьому випадку теж спостерігатиметься інтерференційна картина: в центрі буде видно білу світлу смугу, а по обидва боки від неї — кольорові смуги, забарвлені всіма кольорами райдуги.

Дістати когерентні світлові пучки можна за допомогою дзеркал Френеля, які являють собою два плоскі дзеркала, розміщені під кутом майже 180° одне до одного (мал. 104). Якщо на ці дзеркала спрямувати пучок світла, він роздвоюється дзеркалами і від кожного дзеркала світло поширюється

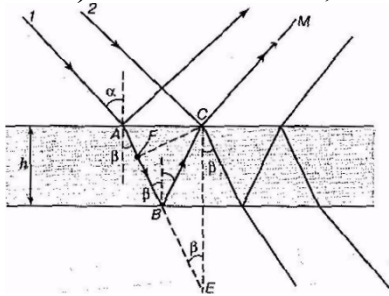
розбіжним пучком. Після відбивання обидва пучки світла накладаються один на одного і інтерферують. На екрані виникає така сама інтерференційна картина, як у випадку, коли б екран освітлювався когерентними джерелами S_1 і S_2 , уявними зображеннями джерела світла S у дзеркалах.

5.Кольори тонких плівок. Інтерференцію світла можна легко спостерігати в природних умовах. Забарвлений тонких прозорих плівок, кольорові розводи на тонких плівках бензину, гасу, олії, красиве забарвлення мильних бульбашок, яке безперервно змінюється — все це результат інтерференції світлових променів у цих плівках.

Тонкі плівки можуть розкласти біле світло на всі кольори райдуги.

Так промінь білого світла, падаючи на плівку, частково відбивається, а частково заломиться і увійде всередину і знову відіб'ється від її внутрішньої поверхні. Ці два відображення потрапляють нам в очі. Зрозуміло, що ці два промені пройшли різні шляхи. Різниця ходу приблизно дорівнює подвійній товщині плівки. В результаті накладання цих променів, (під час інтерференції променів з однією довжиною хвилі) спостерігатиметься підсилення, а для інших довжин хвиль буде послаблення. Тому пластинка здаватиметься спостерігачеві забарвленою в той колір, який близький до кольору променів, що максимально підсилюють один одного. При повертанні пластинки відносно променів її забарвлення змінюватиметься. **Кольор залежить від:**

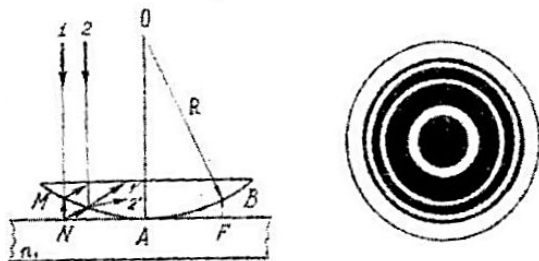
- 1) кута падіння світла на плівку;
- 2) товщини плівки;
- 3) довжини хвилі, що падає.



Розглянута картина спостерігатиметься лише тоді, коли пластинка ідеально однорідна, плоскопаралельна і освітлюватиметься пучком ідеально паралельних променів. Однак у дійсності в пластинці завжди існують неоднорідності, на яких змінюються показник заломлення, товщина плівки. Тому навіть в однорідному світлі ми побачимо вигадливі візерунки світлих і темних смуг.

6. Кільця Ньютона

Навколо точки дотику опуклої лінзи і плоского скла внаслідок інтерференції спостерігаються темні і світлі кільця - кільця Ньютона. Їх появу пояснив Юнг.



Когерентність хвиль, відбитих, від зовнішньої та внутрішньої поверхонь плівки, пояснюється їх приналежністю до одного й того самого світлового пучка.

Якщо джерела когерентні та синфазні (тобто збігаються за фазою в часі), то в точках середовища, куди хвилі надходять, збігаючись за фазою, утвориться максимум інтерференційної картини.

Хвиля падає майже перпендикулярно на плоско-опуклу лінзу. 1-а хвиля з'являється внаслідок відбивання від опуклої поверхні лінзи на межі скло - повітря, 2-а хвиля з'являється внаслідок відбивання від пластини на межі повітря-скло. Ці хвилі когерентні, і якщо 2 відстає від 1 на парне число півхвиль, то ці хвилі підсилюють одна одну. Інтерференційна картина, одержана за допомогою монохроматичного світла, являє собою сукупність темних і світлих ліній певної конфігурації, а при накладанні білого світла спостерігається райдужне забарвлення.



Смуги рівної товщини можна отримати, якщо покласти плоскоопуклу лінзу з великим радіусом кривизни на плоскопаралельну пластинку (мал.167). В цьому випадку смуги рівної товщини мають вигляд кілець, які називають кільцями Ньютона.

r_k - радіус k -того світлого кільця

$$R^2 = r_k^2 + (R - h)^2 \Rightarrow r_k^2 - 2Rh + h^2 = 0.$$

Нехтуючи h^2 , отримаємо

$$r_k = \sqrt{2Rh} \quad (100.2)$$

З іншого боку

$$\Delta d_k = 2h + \frac{\lambda}{2}.$$

$$\text{За умовою максимуму} \quad \Delta d_k = 2k \frac{\lambda}{2}. \text{ Тому } 2h + \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2}.$$

$$\text{Звідси } 2h = (2k - 1) \frac{\lambda}{2}.$$

Тоді радіус світлих кілець:

$$r_k = \sqrt{(2k - 1) \frac{\lambda R}{2}}; k = 1, 2, 3, \dots \quad (100.3)$$

Радіус темних кілець:

$$r_k = \sqrt{kR\lambda}; k = 1, 2, 3, \dots \quad (100.4)$$

Для прохідного світла розташування світлих і темних кілець протилежне до їх розташування у відбитому світлі.

7. Інтерференція світла в природі; застосування в техніці.

Явище інтерференції світла знаходить різноманітне практичне застосування. За його допомогою можна дуже точно визначати довжини світлових хвиль, здійснювати точні вимірювання лінійних розмірів, контролювати якість шліфування і полірування поверхонь тощо. Зупинимось на трьох застосуваннях інтерференції.

Просвітлення оптики. Інтерференція світла у разі відбивання від тонких плівок лежить в основі просвітлення оптики, відкритого українським фізиком О. Смакулою. Проходження світла крізь кожен заломлюючу поверхню лінзи супроводжується відбиванням приблизно 4 % падаючого світла. В складних об'єктивах кількість лінз може перевищувати десять і сумарна втрата світлового потоку внаслідок відбивань може досягти помітної величини. Крім того, відбивання від поверхонь лінз веде до виникнення полисків.

Для усунення відбивання світла на кожен вільну поверхню лінзи наноситься тонка плівка речовини з показником заломлення іншим, ніж у лінзи. У разі проходження світла крізь лінзу відбуватиметься його відбивання як від поверхні лінзи, так і від поверхні плівки. Відбиті хвилі інтерферують. Товщина плівки підбирається так, щоб відбиті від обох поверхонь плівки хвилі гасили одна одну. Гасіння відбитого світла веде до збільшення частки енергії світла, яке проходить крізь лінзу (в цьому і полягає сенс терміна «просвітлення оптики»). Домогтися гасіння відбитих хвиль усіх довжин видимого світла досить складно, тому товщину плівки підбирають так, щоб повністю погасити відбиті хвилі якоїсь частини спектра. Звичайно намагаються погасити відбивання зеленого світла, до якого найбільш чутливі фотоматеріали. В цьому випадку поверхня об'єктива здаватиметься фіолетово-синьою (тому часто таку оптику називають голубою). Нині усі фотоапарати випускаються з просвітленою оптикою.

Контроль якості поверхонь. Залежність форми інтерференційних смуг від товщини тонких прозорих плівок використовується для контролю якості шліфування і полірування поверхонь. Якщо на поверхню досліджуваного виробу В накласти добре відполіровану скляну пластинку-шаблон, то між цією поверхнею і нижньою поверхнею шаблону утворюється тонка повітряна плівка, в якій можна спостерігати інтерференційну картину. Інтерференційні смуги утворюються у разі відбивання світла від верхніх поверхонь виробу і шаблону. Ці смуги спостерігаються через лінзу чи в мікроскоп. При високій якості обробки поверхні інтерференційні смуги будуть прямолінійними. Якщо ж на поверхні досліджуваного виробу є якась нерівність, наприклад борозенка або виступ, інтерференційні смуги викривляються і за їх виглядом можна зробити висновок про характер дефекту. Вигини інтерференційних смуг ніби окреслюють його контур. Таким методом можна легко виявляти відхилення від площини, які становлять всього 10^{-8} м.

Інтерферометри. Інтерференційна картина дуже чутлива до різниці ходу інтерферуючих хвиль: мізерно мала зміна різниці ходу порядку частки довжини світлової хвилі викликає істотне зміщення інтерференційних смуг. На цьому ґрунтується дія **інтерферометрів — приладів для точного вимірювання довжини і кутів, а також для визначення показника заломлення прозорих середовищ.** У промисловості інтерферометри широко використовуються для контролю якості (гладкості, рівності) шліфованих виробів.

Визначення довжин світлових хвиль.

Визначення еталона 1 м у довжинах світлових хвиль. Поляризація світла

Явище хвильової оптики, в якому проявляється поперечні світлові хвилі, називають **поляризацією світла**. Світлову хвилю називають плоскополяризованою, якщо вектори напруженості електричного поля

$\vec{E}$ і магнітної індукції $\vec{B}$ в цій електромагнітній хвилі коливаються в певній площині.

У природному світлі вектори $\vec{E}$ і $\vec{B}$ коливаються в довільних площинах, перпендикулярних до напрямку поширення хвилі.

Поляризатором називають пристрій, який перетворює природне світло в поляризоване. Простим поляризатором є одновісний кристал турмаліну, який має властивість пропускати світлові хвилі з коливаннями, що лежать в одній довільній площині. Якщо пучок світлових променів, які стали плоскополяризованими після проходження крізь кристал турмаліну, пропустити через другий кристал, можна встановити положення площини поляризації цього пучка. Другий кристал в цьому разі називають аналізатором і спостерігають зміну інтенсивності світла під час його обертання. Коли осі кристалів турмаліну є взаємно перпендикулярними, світло крізь аналізатор не проходить зовсім. Плоскополяризоване світло отримують і за допомогою плівкових поляризаторів. Це використовують під час фотографування скляних вітрин, наприклад, для гасіння відблисків скла. За допомогою поляризованого світла досліджують деформації тіл.

Явище хвильової оптики, в якому проявляється поперечні світлові хвилі, називають **поляризацією світла**. Світлову хвилю називають плоскополяризованою, якщо вектори напруженості електричного поля

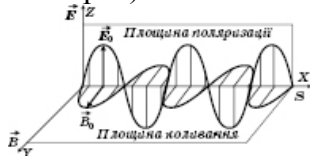
$\vec{E}$ і магнітної індукції $\vec{B}$ в цій електромагнітній хвилі коливаються в певній площині.

У природному світлі вектори $\vec{E}$ і $\vec{B}$ коливаються в довільних площинах, перпендикулярних до напрямку поширення хвилі.

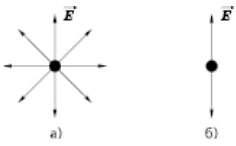
Поляризатором називають пристрій, який перетворює природне світло в поляризоване. Простим поляризатором є одновісний кристал турмаліну, який має властивість пропускати світлові хвилі з коливаннями, що лежать в одній довільній площині. Якщо пучок світлових променів, які стали плоскополяризованими після проходження крізь кристал турмаліну, пропустити через другий кристал, можна встановити положення площини поляризації цього пучка. Другий кристал в цьому разі називають аналізатором і спостерігають зміну інтенсивності світла під час його обертання. Коли осі кристалів турмаліну є взаємно перпендикулярними, світло крізь аналізатор не проходить зовсім.

Плоскополяризоване світло отримують і за допомогою плівкових поляризаторів. Це використовують під час фотографування скляних вітрин, наприклад, для гасіння відблисків скла. За допомогою поляризованого світла досліджують деформації тіл.

Світлову хвилю графічно зображають двома взаємно перпендикулярними синусоїдами. Цей графік відповідає елементарній хвилі, тобто хвилі, яку випромінював би один збуджений атом в одному акті випромінювання. При цьому вектор $\vec{E}$ коливається вздовж однієї прямої (OZ) у двох напрямках у межах єдиної площини (XOZ), а вектор $\vec{B}$ — уздовж OY в межах XOY. У більшості оптичних явищ основну роль відіграє електричне поле світлової хвилі, то ж можна розглядати тільки коливання вектора $\vec{E}$ («світлового вектора»).



Світловий промінь елементарної (поодинокій) хвилі в принципі поляризований. Але макроджерела світла (реальні джерела) складаються з величезного числа частинок-випромінювачів. Крім того, просторова орієнтація векторів $\vec{E}$ в різні моменти актів випромінювання окремою частинкою хаотична. Отже, в загальному випромінюванні напрямки $\vec{E}$ в кожен момент часу випадкові, непередбачувані. Тому природне світло неполяризоване. Його можна перетворити на поляризоване пропусканням через прозорі природні монокристали (такі як ісландський шпат, турмалін) або через штучні поляризатори (поляроїди). Можна схематично зобразити природний (а) і поляризований (б) промені; у центрі кружечок — слід перетину променя OX із площиною рисунку:



Явище поляризації світла є одним із доказів поперечності світлової хвилі.

Голографія (від грецького *ὅλος*—*holos* — повний + *γραφή*—*graphie* — запис) — набір технологій для точного запису, відтворення і переформатування хвильових полів. Це - спосіб одержання об'ємних зображень предметів на фотопластинці (голограми) за допомогою когерентного випромінювання лазера. Голограма фіксує не саме зображення предмета, а структуру відбитої від нього світлової хвилі (її амплітуду та фазу). Для отримання голограми необхідно, щоб на фотографічну пластинку одночасно потрапили два когерентних світлових пучки: предметний, відбитий від об'єкта та опорний – що приходить безпосередньо від лазера. Світло обох пучків інтерферує, створюючи на пластинці чергування дуже вузьких темних і світлих смуг - інтерференційну картину.

Метод запропоновано у 1948 р. Деннісом Габором, він же застосував термін голограма. За цей винахід він одержав Нобелівську премію.

Голографія почала бурхливо розвиватися та набула велике практичне значення після того, як в результаті фундаментальних досліджень з квантової електроніки, виконаних радянськими фізиками - академіками Н.Г. Басовий і А.М. Прохорова - і американським ученим Чарльзом Таунсом, в 1960 р. був створений перший лазер. У тому ж році професором Т. Маймамом був сконструйований імпульсний лазер на рубіні. Ця система (на відміну від безперервного лазера) дає потужні і короткі, тривалістю в кілька наносекунд (10⁻⁹ сек), лазерні імпульси, що дозволяють фіксувати на голограмі рухомі об'єкти. Перший портрет людини був знятий з допомогою рубінового лазера в 1967 році.

Початок образотворчої голографії було покладено роботами Емметта Лейт і Юріс Упатнієкса з Мічиганського Технологічного Інституту (США), що одержали в 1962 р. першу об'ємну голограму, що відновлюється в лазерному світлі. Схема запису голограм, запропонована цими вченими, тепер використовується в голографічних лабораторіях у всьому світі.

Вирішальне значення для розвитку образотворчої голографії мали роботи академіка Ю.Н. Денисюка, виконані в 60-70-х роках. Він вперше отримав голограми, що дозволяють відтворювати об'ємні зображення в звичайному, білому світлі. Практично вся сучасна образотворча голографія базується на методах, запропонованих Денисюком.

Перші високоякісні голограми за методом Ю.Н. Денисюка були виконані в 1968 р. в СРСР - Г.А. Соболева та Д.А. Стаселько, а в США - Л. Зіберт.

В 1969 р. Стівен Бентоніт з Polaroid Research Laboratories (США) виготовив голограму, видиму в звичайному білому світлі. Голограми, винайдені Бентоніт, були названі райдужними, оскільки вони переливаються всіма кольорами веселки, з яких складається біле світло. Відкриття Бентоніт дало змогу розпочати масове виробництво недорогих голограм шляхом "штампування" інтерференційних картин на пластик. Голограми саме такого типу застосовуються сьогодні для захисту від підробок документів, банківських карток і т.д. Завдяки Бентоніт голографія здобула популярність в широких верствах суспільства.

У 1977 р. Ллойд Кросс отримав мультиплексну голограму, що складається з безлічі звичайних фотографій об'єкта, знятих з багатьох точок зору, що лежать в горизонтальній площині. При переміщенні такої голограми в полі зору можна побачити всі зняті кадри.

З середини 70-х років ведуться розробки систем голографічного кінематографа. У Росії значні успіхи в цьому напрямку були досягнуті фахівцями Науково-дослідного кіно-фото інституту (НІКФІ) в Москві під керівництвом В.Г. Комара. В даний час голографія продовжує активно розвиватися, і з кожним роком в цій області з'являються нові цікаві рішення. Немає сумніву, що в майбутньому образотворчій голографії належить зайняти в житті людей ще більш значне місце.