

Základy optických systémů

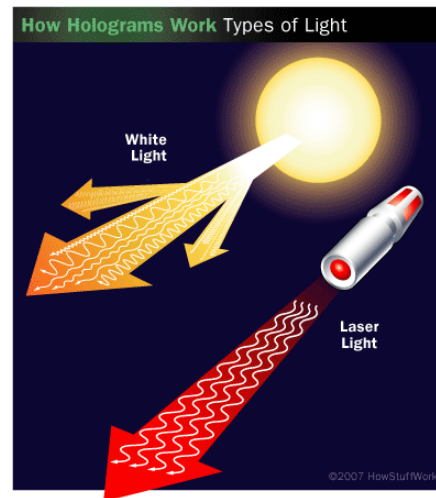
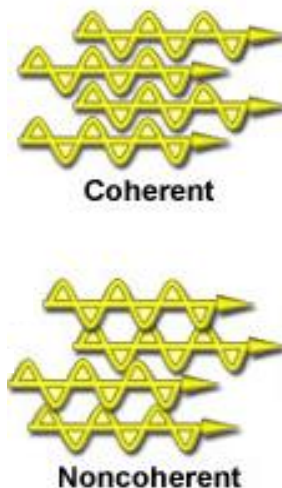
**Norbert Tarjányi, Katedra fyziky, EF ŽU
tarjanyi@fyzika.uniza.sk**

Vlastnosti svetla - koherencia

■ Koherencia – časová, priestorová

Časová koherencia: charakterizuje koreláciu optického poľa v zadanom bode priestoru s poliami v predchádzajúcich a nasledujúcich momentoch (**fotóny vyžarované zo zdroja majú rovnakú frekvenciu a je medzi nimi konštantný fázový posun**).

Priestorová koherencia: je spojená s koreláciou poľa v danom časovom momente v rôznych bodoch roviny kolmej na smer šírenia sa elektromagnetických vln.



Vlastnosti svetla - koherencia

Pre popis časovo – priestorovej závislosti EM poľa vlny sme doteraz používali funkciu $e^{(i\vec{k}\cdot\vec{r}-i\omega t)}$

Takáto vlna sa správa úplne predvídateľne pre všetky časové okamihy t a vo všetkých miestach určených polohovým vektorom.

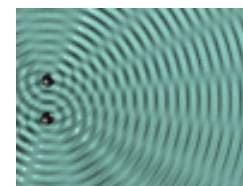
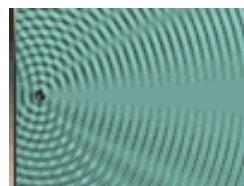
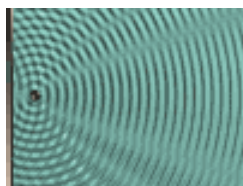
V skutočnosti však svetlo nikdy nie je úplne monochromatické, ale obsahuje zložky s rôznymi frekvenciami. Aj zdroje svetla, ktoré označujeme ako **monochromatické** („jednofarebné“), obsahujú zložky v rozsahu frekvencií niekoľko gigahertzov.

Monochromatickosť takýchto zdrojov charakterizujeme **spektrálnou šírkou** $\Delta\nu$. Dokonca ani výstup z lasera nie je monochromatický, ale má určitú „frekvenčnú šírku“.

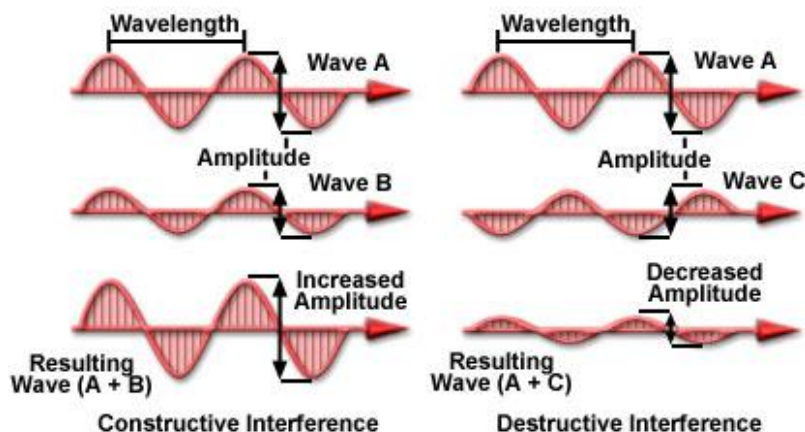
Vlastnosti svetla - koherencia

- Vlna obsahujúca niekoľko frekvencií nie je úplne predvídateľná, jej správanie sa vykazuje určitú „nepravidelnosť“. Dôsledok tejto nepravidelnosti je **nekoherentnosť**. Naopak, o **koherentnosti** hovoríme vtedy, ak môžeme s dostatočnou presnosťou vlnu popísať jedinou frekvenciou. Dôležitosť pojmu koherencie vystupuje pri porovnávaní viacerých vln. Dve vlny môžu alebo nemusia byť navzájom koherentné. Ich koherencia sa zvyčajne vyšetruje tak, že ich necháme spolu interferovať a analyzujeme výsledok.

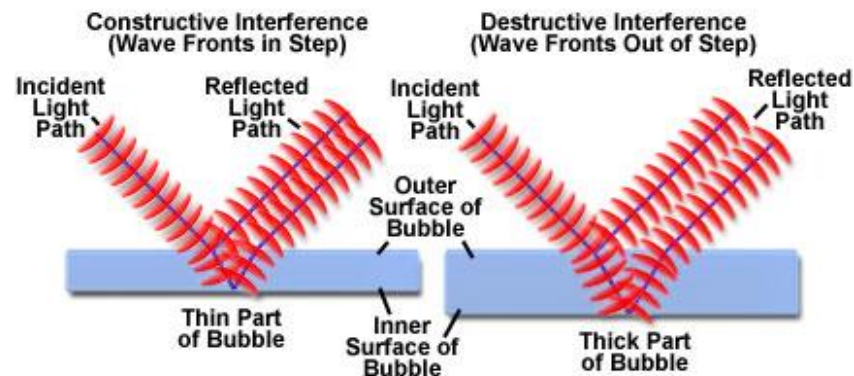
Interferencia



Interference Between Coincident Light Waves



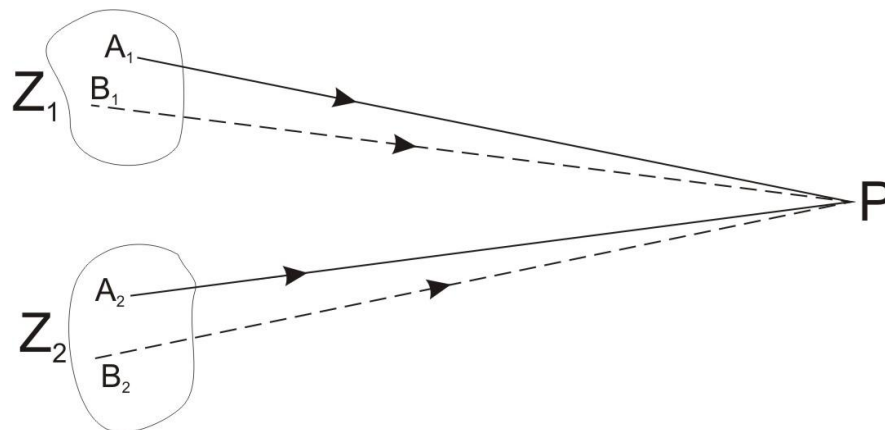
Reflected Light Pathways Through Soap Bubbles



Vznik farebných škvŕn na olejovej vrstve

Priestorová koherencia

- Priestorová koherencia súvisí s tým, že v skutočnosti rozmery reálnych zdrojov svetla sú značne väčšie ako je vlnová dĺžka svetla. Ak napr. pre svetlo vychádzajúce z dvojice bodov A_1 , A_2 pozorujeme v bode P interferenčné maximum, pre body B_1 , B_2 to už nemusí platiť.

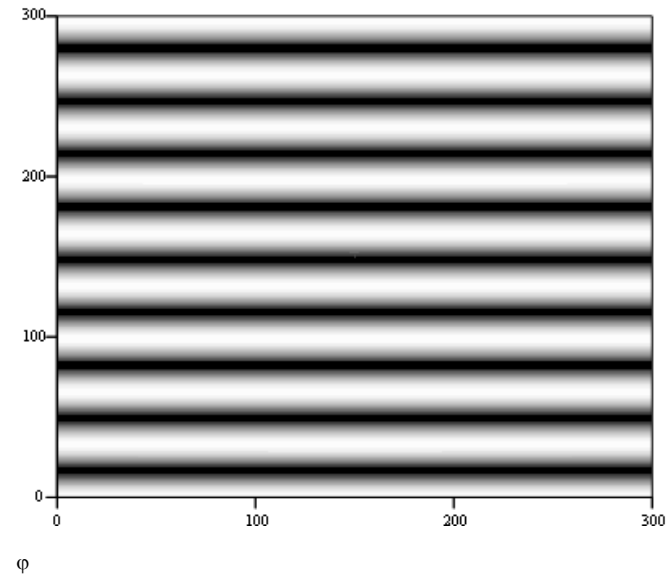


Priestorová koherencia

- V bode P totiž hodnota fázového rozdielu φ vlnení pochádzajúcich od zdrojov Z_1 a Z_2 závisí od vzdialenosti jednotlivých bodov zdrojov svetla. Ak sú zmeny intenzít vyvolané týmito rozdielmi fáz zanedbateľne malé, vlnenia nazývame **priestorovo koherentné**. V opačnom prípade ich nazývame **priestorovo nekoherentné**. Kvôli hodnoteniu vlnení z tohto hľadiska sa definuje tzv. **stupeň koherencie** γ , ktorý vystupuje vo vyjadrení intenzity interferenčného poľa dvoch koherentných zväzkov

Priestorová koherencia

$$I = I_1 + I_2 + 2\gamma \sqrt{I_1 I_2} \cos \varphi$$



■ Vlnenia sú nekoherentné $\gamma = 0$

■ Vlnenia sú úplne koherentné $\gamma = 1$

Priestorová koherencia

- Pri vyšetovaní interferencie (prejavujúcej sa vytvorením interferenčného vzoru pozostávajúceho z interferenčných prúžkov) sa definuje aj tzv. **kontrast interferenčných prúžkov** podielom
$$(I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$$

Tento kontrast sa pre dve vlny s rovnakou intenzitou rovná stupňu koherencie. Týmto spôsobom je možné stupeň koherencie merať.

Časová koherencia

- Časová koherencia súvisí s nespojitým vyžarovaním svetla zo zdroja. Vyžarovanie svetla v podobe impulzov znamená v skutočnosti vyžarovanie celého spektra frekvencií. A keďže fázový posun vlnení závisí od frekvencie, potom aj kontrast interferenčných prúžkov sa bude meniť v závislosti od šírky spektra frekvencií. V takomto prípade hovoríme o **časovej koherencii** alebo o vlneniach časovo koherentných.

Časová koherencia

- Ak by sme sa podrobnejšie zaoberali časovou koherenciou, našli by sme vzťah medzi dĺžkou svetelného impulzu τ a šírkou spektra jeho monochromatických zložiek $\Delta\nu$. Zistili by sme, že frekvenčný interval, do ktorého patria frekvencie z rozkladu svetelného impulzu, je nepriamo úmerný dĺžke trvania svetelného impulzu.

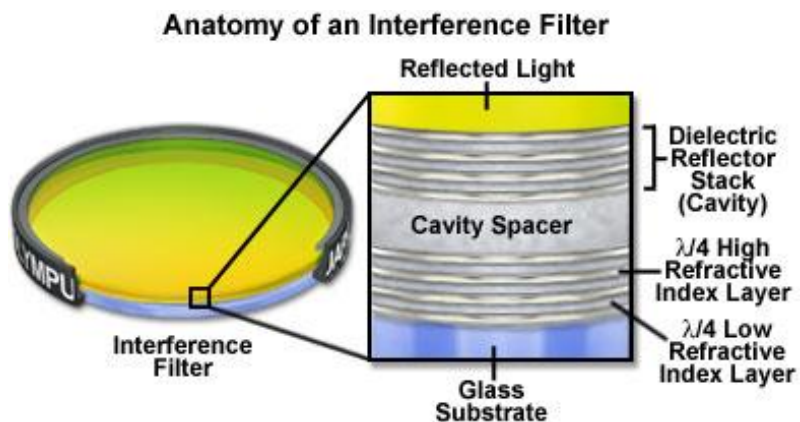
Časová koherencia

- Je teda vidieť, že neexistuje ideálne monochromatické svetlo a môžeme hovoriť len o tzv. **kvázimonochromatickom** svetle, pri ktorom je splnená podmienka $\tau\nu_0 \gg 1$, kde ν_0 je frekvencia vo frekvenčnom spektre s maximálnou amplitúdou.
- Hodnota τ rozhoduje o časovej koherencii svetla a nazýva sa **koherenčná doba**.
- Určuje taktiež tzv. **prirodzenú šírku spektrálnej čiary** pri vyžarovaní svetla atómami.

Časová koherencia

- Ak koherenčnú dobu vynásobíme rýchlosťou svetla, dostaneme tzv. **koherenčnú dĺžku** l . Hodnota tohto parametra dáva predstavu o náročnosti vytvorenia podmienok pre pozorovateľnú interferenciu svetla, ktoré vysielajú klasické svetelné zdroje.

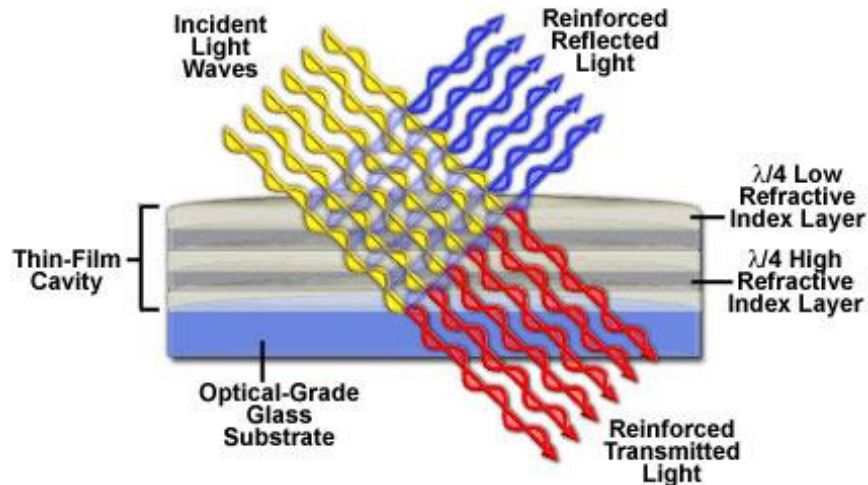
Aplikácie – interferenčné filtre



Princíp:

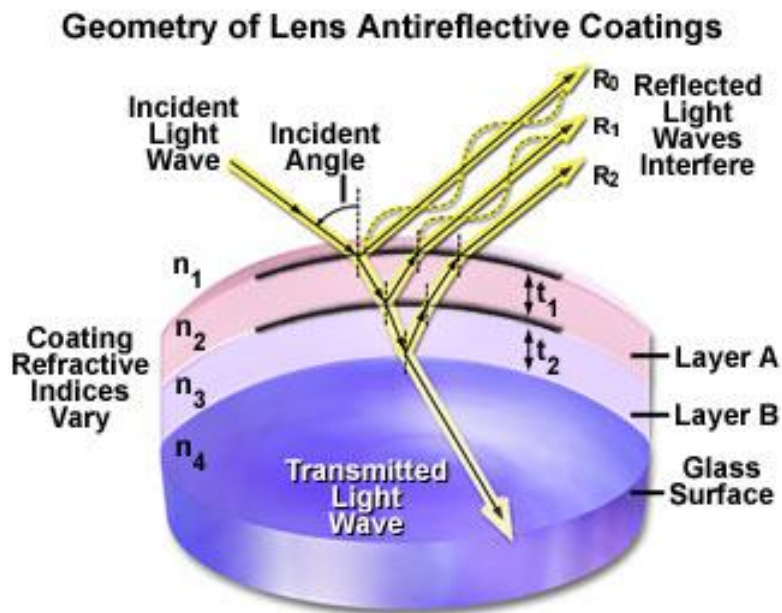
Fabry – Perotov interferometer

Reflection and Transmission by Interference Filters



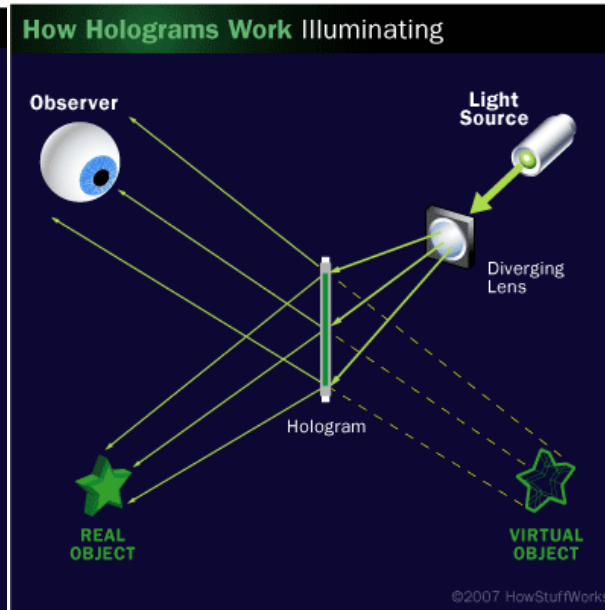
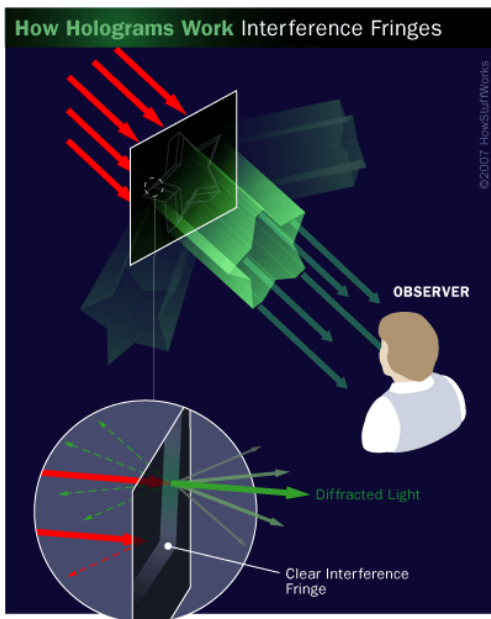
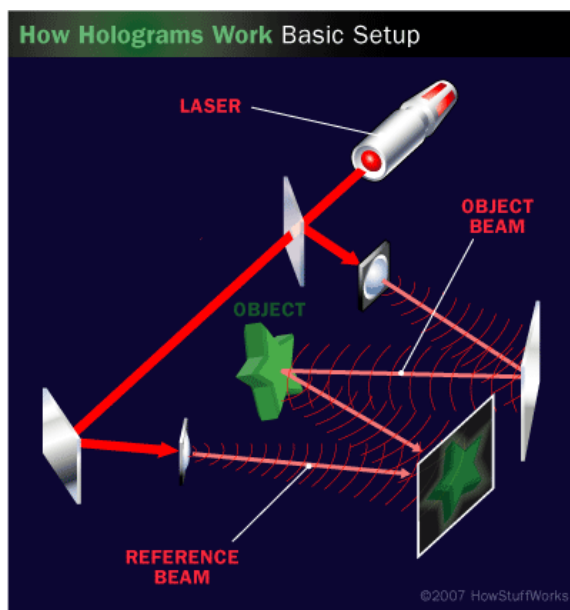
Aplikácie – antireflexné vrstvy

- **Funkcia:** zvýšiť priepustnosť optického elementu a predíť viacnásobným odrazom



Aplikácie

- Holografický záznam (**hologram**): záznam interferenčného poľa objektovej a referenčnej vlny.



Aplikácie

■ Holografická pamäť

