

# T É M A : INTERFERENCE A POLARIZACE SVĚTLA

Vypracoval/a:

Třída:

Spolupracoval/a:

Datum:

## ANOTACE:

Cílem tohoto dvouhodinového laboratorního cvičení je přiblížit žákům nižšího stupně gymnázia interferenci a polarizaci světla. Nejprve po teoretické stránce na úrovni odpovídající žákům kvarty připomeneme důležité poznatky vlnové optiky. V druhé části této prezentace si žáci prakticky vyzkoušejí, jak mohou polarizovat světlo a jaké optické jevy přitom mohou pozorovat.

## TEORIE:

### INTERFERENCE SVĚTLA

Při **interferenci světla** se výrazně projevují jeho vlnové vlastnosti. Popíšeme jevy, které se projevují při skládání světelných vln.

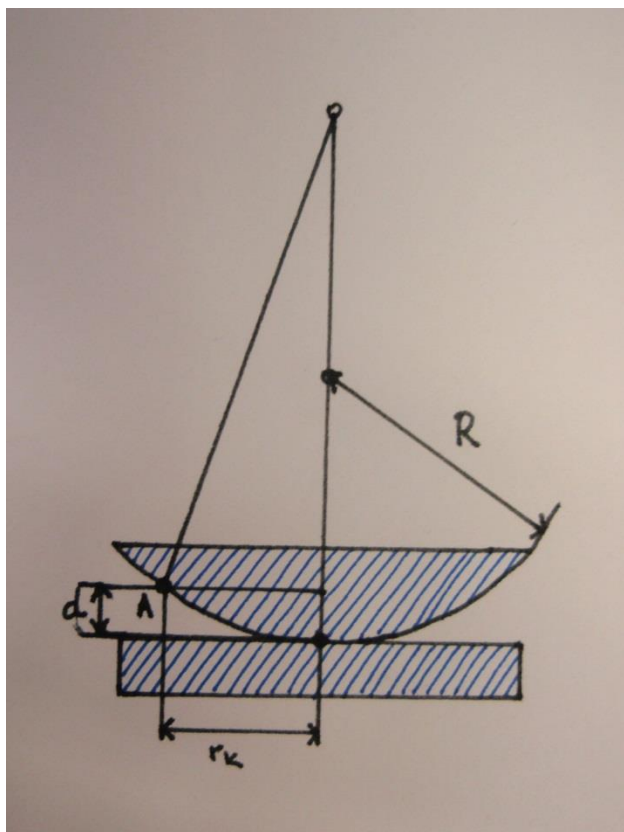
Vlnění, která přicházejí do určitého bodu prostoru z různých zdrojů, se v tomto bodě skládají. Projevem interference světla je jeho zesilování a zeslabování v různých bodech prostoru.

Mezi nejznámější projevy interference světla patří duhové barvy na mýdlových bublinách nebo na velmi tenkých vrstvách oleje na vodě.

Výsledkem interference je zesílení a zeslabení světla. V daných místech vzniká **interferenční maximum** – zesílení světla a **interferenční minimum** – zeslabení světla.

Interferenci světla zkoumal jako první Angličan **Thomas Young**. Navrhl postup, jak lze získat světlo vhodné pro pozorování interferenčních jevů. Do zatemněné místnosti nechal přicházet sluneční světlo úzkou štěrbinou a takto vymezeným svazkem paprsků světla osvětlil dvojici štěrbin v malé vzájemné vzdálenosti. Po dopadu světla ze štěrbin na stínítko ve větší vzdálenosti pozoroval barevné proužky rovnoběžné se štěrbinami. Young tak jednoznačně prokázal, že světlo je vlnění.

Další přesvědčivé výsledky interference lze získat také pomocí tzv. **Newtonových skel**.



Základem je planoparalelní deska, ke které je přiložena ploskovypuklá čočka o značném poloměru křivosti. Mezi čočkou a deskou vzniká tenká vrstva vzduchu a při dopadu monofrekvenčního světla dochází k interferenci světla odraženého od obou rozhraní tenké vrstvy vzduchu. Interferenční obrazec má podobu tmavých a světlých kroužků.

Newtonova skla lze využít k jednoduchému měření vlnové délky světla. Při odrazu světla představuje světlý kroužek body, v nichž vzniká interferenční maximum. Pro poloměr kroužku  $r_k$  platí:  $r_k^2 = d(2R - d)$ , kde  $d$  je tloušťka vzduchové vrstvy a  $R$  je poloměr křivosti optické plochy ploskovypuklé čočky. Protože  $d$  je mnohem menší než  $2R$ , můžeme po roznásobení pravé strany předešlé rovnice druhý člen vynechat:  $r_k^2 = 2dR$ .

Vlnovou délku světla lze vypočítat ze vztahu, jehož odvození je náročnější:

$$\lambda = \frac{2 r_k^2}{R (2k-1)}$$

Newtonova skla jsou tedy jednoduché zařízení, které umožňuje pozorovat interferenci na tenké vrstvě v odraženém i prošlém světle. Pokud tedy známe poloměr křivosti ploskovypuklé čočky, můžeme určit vlnovou délku světla pomocí měření poloměru Newtonova kroužku s určitým pořadovým číslem.

## POLARIZACE SVĚTLA

Světlo je elektromagnetické vlnění. Jeho elektrickou složku charakterizuje vektor elektrické intenzity.

Světelné vlnění, jehož vektor intenzity elektrického pole kmitá stále v jednom směru, nazýváme lineárně polarizované. Přirozené nepolarizované světlo můžeme přeměnit na polarizované světlo. Nejčastějšími způsoby polarizace světla jsou odraz a lom, dvojlom a absorpce.

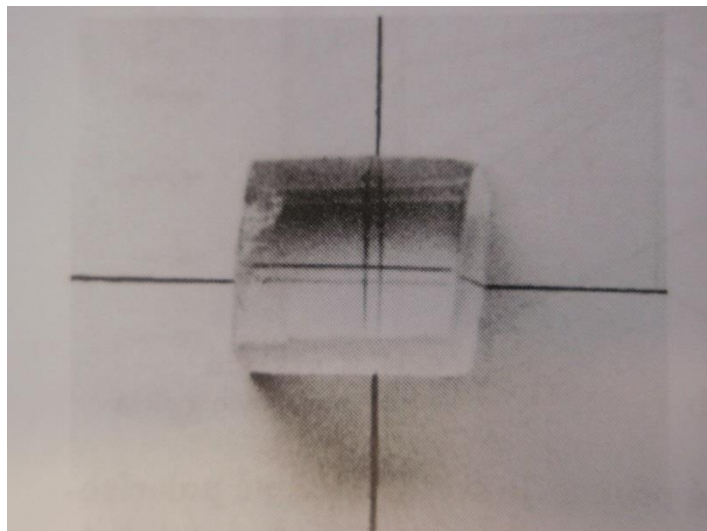
### Polarizace světla odrazem a lomem

Nechme dopadnout nepolarizované světlo pod určitým úhlem na skleněnou desku. Dochází k odrazu a lomu světla. V odraženém světle kmitá vektor intenzity elektrického pole kolmo k rovině dopadu. Při lomu světla kmitá tento vektor rovnoběžně s rovinou dopadu. V obou případech tedy došlo k polarizaci světla. Ta je ale pouze částečná a závisí na úhlu dopadu světla.

Odražené světlo může být polarizované i úplně, ale pouze při určité hodnotě úhlu dopadu. Tento úhel závisí na indexu lomu rozhraní, na němž se světlo odráží. Nazýváme jej Brewsterův polarizační úhel.

## Polarizace světla dvojlomem

K tomuto velmi často používanému druhu polarizace dochází v anizotropních krystalech (islandský vápenec). Rychlost světla je v nich v různých směrech různá. Při dopadu světla na anizotropní krystal nastává dvojlom. Světelný paprsek se na rozhraní s krystalem rozdělí na dva paprsky: řádný – ordinární a mimořádný – extraordinární. Oba paprsky jsou lineárně polarizované a vektory intenzity elektrického pole obou paprsků kmitají v rovinách navzájem kolmých.



Vstupující paprsek se tedy rozdělí na dvě k sobě kolmé polarizované složky. Aby vycházelo z látky světlo polarizované jen v jednom směru, musíme jednu složku odstranit. To lze provést buď pomocí speciálního polarizačního hranolu, kterému říkáme **nikol**, nebo pomocí látky označované jako herapatit, která jeden z paprsků úplně absorbuje. Nikol se zhotovuje z islandského vápence zbroušením jeho štěpného tvaru, dále rozříznutím a slepením pomocí kanadského balzámu. Řádný a mimořádný paprsek - vzniklé dvojlomem – mají v anizotropním krystalu jinou rychlost a tedy i index lomu. Na vrstvičce kanadského balzámu je řádný paprsek odražen a absorbován. Mimořádný paprsek vychází díky zbroušení na druhé straně ven jako lineárně polarizované světlo.

## Polarizace světla absorpcí

K tomuto účelu používáme **polarizační filtry**, označované také jako **polaroidy**. Jestliže polaroidem prochází světlo, pak se elektrická složka světelného vlnění v jednom směru pohlcuje a část světla, jejíž vektor intenzity elektrického pole je na tento směr kolmý, polaroidem prochází. Procházející světlo je tedy zeslabeno.

Zařízení, pomocí kterého se přirozené nepolarizované světlo mění na polarizované, se nazývá **polarizátor**. Abychom mohli určit orientaci roviny, v níž leží polarizovaná světelná vlna, potřebujeme ještě další zařízení zvané **analyzátor**. Ten propouští polarizované světlo jen s určitou orientací této tzv. kmitové roviny.

Jako polarizátor a analyzátor lze použít dva polaroidy. Jedním z nich získáme polarizované světlo, které necháme procházet druhým polaroidem ve funkci analyzátoru. Tímto druhým polaroidem otáčíme a zjišťujeme, že při některých polohách analyzátoru světlo prochází a při jiných polohách světlo neprochází.

## **PŘÍPRAVA:**

1. Pročtete si, co je polarizované a nepolarizované světlo.
2. Prostudujte si způsoby, jak lze nepolarizované světlo polarizovat částečně a úplně.

# ÚKOL Č. 1: POMOCÍ POLARIZAČNÍCH FILTRŮ ZKOUMEJTE NEPOLARIZOVANÉ SVĚTLO

## POMŮCKY:

Dva polarizační filtry – získané ze speciálních brýlí (např. rybářské brýle nebo brýle určené pro sledování prostorových projekcí pomocí počítače



## POSTUP: (MOŽNOST VYCHÁZKY S ŽÁKY DO OKOLÍ ŠKOLY)

1. Podívejte se zvenku do oken nějakého domu, budovy nebo výkladní skříně. Podíváte-li se pod úhlem, jehož velikost budete postupně měnit, zjistíte, že nemůžete vidět nic z toho, co je uvnitř. Vysvětlete.
2. Podívejte se znovu pod různě velkými úhly do oken přes polarizační filtr.
3. Popište, co pozorujete při různých polohách polarizačního filtru, když jím budete postupně pomalu otáčet.
4. Podívejte se ještě jednou do oken, ale použijte tentokrát dva takové polarizační filtry. Popište, co můžete při různých polohách filtrů pozorovat.
5. Vysvětlete, který způsob polarizace světla jsme takto demonstrovali.

## VYPRACOVÁNÍ:

## ÚKOL Č. 2: POZORUJTE A POPIŠTE POLARIZACI LASEROVÉHO PAPRSKU

### POMŮCKY:

Stínítko, laser a polaroid

### POSTUP:

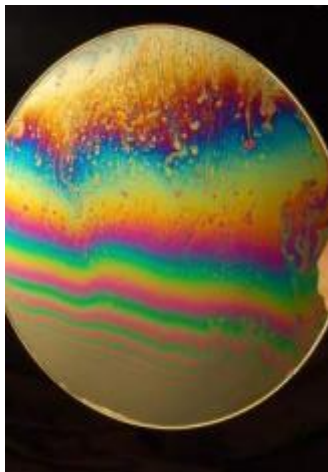
1. Připravíme si laser a posvítíme jím na stínítko přes polaroid.
2. Tento polaroid zde vystupuje ve funkci analyzátoru polarizovaného laserového světla.
3. Pomalu otáčejte polaroidem okolo laserového paprsku v rovině, která je k němu kolmá. Popište, zda pozorujete nějaké změny na stínítku.

### VYPRACOVÁNÍ:

## ÚKOL Č. 3: POZORUJTE INTERFERENCI SVĚTLA NA MÝDLOVÉ BLÁNĚ

### POMŮCKY:

Zdroj bílého světla, nádobka s mýdlovým roztokem, drátěný rámeček a zdroj monofrekvenčního světla – např. plamen plynového kahanu nebo sodíková výbojka



### POSTUP:

1. Jako zdroj monofrekvenčního světla použijte sodíkovou výbojku. Použijete-li plynový kahan, vhodte do jeho plamene několik krystalků kuchyňské soli. Plamen bude mít sytě žlutou barvu.
2. Připravte si mýdlový roztok. Ve svislé poloze do něj ponořte drátěný rámeček ve tvaru obdélníku. Použijte například rámeček o obsahu  $30\text{ cm}^2$  vyrobený z drátu o průměru 1 mm.
3. Po chvíli rámeček opatrně vyjměte.
4. Rámeček ohraničuje tenkou blánu. Abyste mohli pozorovat interferenční obrazec, osvětlete připraveným zdrojem tuto tenkou blánu.
5. Zjistěte, zda tvar interferenčního obrazce závisí na poloze rámečku.
6. Popište, co pozorujete při osvětlení tenké mýdlové blány.

### VYPRACOVÁNÍ:

# ÚKOL Č. 4: POZORUJTE INTERFERENCEČNÍ OBRAZEC PŘI OHYBU SVĚTLA NA KAPIČKÁCH VODNÍ PÁRY

## POMŮCKY:

Zdroj bílého světla, rychlovarná konvice a rozprašovač



## POSTUP:

1. Speciálním případem interference světla je difrakce – ohyb světla způsobený nějakou překážkou. Jde o další projev vlnové povahy světla.
2. Vodu v konvici přiveďte až k varu. Počkejte, až začne unikat pára.
3. Místnost, ve které budete provádět pozorování, zatemněte.
4. Umístěte konvici mezi zdroj světla a pozorovatele tak, abyste viděli zdroj světla za párou, která uniká z konvice.
5. Popište, co pozorujete kolem zdroje světla.
6. V druhé části pozorování použijte místo rychlovarné konvice rozprašovač. Mezi zdroj světla a pozorovatele rozprašujte vodu. Opět popište, co pozorujete kolem zdroje světla.

## VYPRACOVÁNÍ:

# ÚKOL Č. 5: POMOCÍ POLARIZAČNÍCH FILTRŮ POSUŽTE INTENZITU MECHANICKÉHO NAMÁHÁNÍ LÁTKY

## POMŮCKY:

Dva polarizační filtry, pravítko, zpětný projektor

## POSTUP:

1. Některé (amorfní) látky se stanou dvojlomnými, vznikne-li v nich vnitřní napětí, např. při tuhnutí a chladnutí nebo vnějším mechanickým namáháním. Vložíme-li takovou látku mezi dva polarizační filtry, poskytne nám pozorovaný obrazec informace o rozložení mechanického napětí. Použijeme průhledné pravítko.
2. Vložte pravítko mezi dva polarizační filtry umístěné na zpětném projektoru.
3. Popište obrazce, které pozorujete. Ve kterých místech bylo pravítko vystaveno největšímu mechanickému namáhání?

## VYPRACOVÁNÍ:

## ZÁVĚR:

Toto laboratorní cvičení neobsahovalo měření veličin, ale bylo zaměřeno na pozorování jevů spojených s polarizací a interferencí světla. Žáci by si měli vyzkoušet základní metody, jak polarizovat světlo. Měli by také umět vysvětlit rozdíly mezi nimi. Dále si prakticky vyzkoušeli, za jakých podmínek se dá pozorovat interference světla na tenké bláně.



## SHRNUTÍ:

Odpovězte na následující otázky:

1. Co je to interference světla?
2. Napište alespoň dva projevy interference světla.
3. Záření kterého zdroje se nejvíce přibližuje monofrekvenčnímu záření?  
A) Zářivky    B) žárovky    C) rentgenové lampy    D) laseru
4. Jakou funkci má polarizační filtr našroubovaný na objektiv fotoaparátu?

## SEZNAM ZDROJŮ:

- [01] Svoboda Emanuel a kol.: Přehled středoškolské fyziky, 3. vydání. Prometheus Praha, 1996  
ISBN 80-7196-116-7
- [02] Nahodil Josef: Fyzika v běžném životě, 1. vydání. Prometheus Praha, 1996  
ISBN 80-7196-005-5
- [03] Lepil Oldřich: Optika pro gymnázia, 3. vydání. Prometheus Praha, 2002  
ISBN 80-7196-237-6

## METODICKÝ LIST

Název školy	Gymnázium a Jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky Zlín
Autor	Mgr. Petr Zezulka
Vzdělávací oblast	Optika
Vzdělávací obor	Fyzika
Tematický okruh	Vlnová optika
Druh učebního materiálu	Laboratorní cvičení – žák
Cílová skupina	Žák, 15 – 16 let
Anotace	Pracovní list určen do výuky studentům, podklad pro vlastní poznámky/sešit, náplň: Interference světla – zjednodušená teorie, polarizace světla – zjednodušená a zestručněná teorie a praktická pozorování optických jevů během různým způsobů polarizace světla