



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Digitální učební materiál

Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0802
Název projektu	Zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Číslo a název šablony klíčové aktivity	III/2 – Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Příjemce podpory	Gymnázium, Jevíčko, A. K. Vitáka 452

Název DUMu	Vlnové vlastnosti světla
Název dokumentu	VY_32_INOVACE_16_13
Pořadí DUMu v sadě	13
Vedoucí skupiny/sady	Mgr. Petr Mikulášek
Datum vytvoření	4. 1. 2013
Jméno autora	Mgr. Alena Luňáčková
e-mailový kontakt na autora	lunackova@gymjev.cz
Ročník studia	4.
Předmět nebo tematická oblast	Fyzika
Výstižný popis způsobu využití materiálu ve výuce	Materiál pro přípravu na profilovou část maturitní zkoušky z fyziky Inovace: mezipředmětové vztahy s matematikou, využití ICT, mediální techniky.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VLNOVÉ VLASTNOSTI SVĚTLA

Světlo je elektromagnetické vlnění o vlnové délce 400nm (fialová barva) až 760nm (červená barva).

Je charakterizováno **vlnovou délkou** $\lambda = \frac{c}{f} \cdot n^{-1}$, kde $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$... rychlost světla ve vakuu .

V jiném prostředí je rychlost $v < c \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$.

f frekvence světla; udává barvu světla a nezávisí na prostředí, ve kterém se světlo šíří.

monochromatické světlo = **monofrekvenční světlo** = světlo dané frekvence, dané barvy – určité vlnové délky.

bílé světlo = složené z řady vlnových délek – barev

Frekvence je dána zdrojem \Rightarrow **nemění se**. **Rychlost** a **vlnová délka** se **mění**:

- Opticky **hustější prostředí** – vlnová délka a rychlost se **zmenšuje** :

$$f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f_1 = f_2 \Rightarrow \frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$$

- Opticky **řidké prostředí** – vlnová délka a rychlost se **zvětšuje**.

Jevy, které potvrzují vlnovou teorii světla :

- Interference
- Ohyb
- Polarizace

Pokud je splněna podmínka **koherence** světelného vlnění, mohou spolu světelné vlny **interferovat** (mohou se skládat).

- **Koherentní vlny** mají stejnou frekvenci a na čase nezávislý fázový rozdíl, který získáme rozdělením světelného paprsku odrazem nebo lomem.

Interference světla na tenké vrstvě - tenká vrstva zesiluje či zeslabuje jednotlivé barvy spektra :

- a) zesílení světla v odraženém světle

$$\delta = 2dn + \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2}$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

δ celkový dráhový rozdíl

d tloušťka vrstvy (mýdlové bubliny)

n index lomu vrstvy

λ vlnová délka světla

b) zeslabení světla v odraženém světle

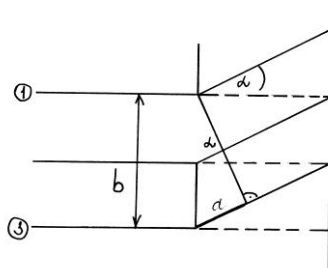
$$\delta = 2dn + \frac{\lambda}{2} = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}; \quad k = 1, 2, 3, \dots \text{řád interferenčního maxima, či minima}$$

Užití interference na tenké vrstvě

- kontrola planparalelnosti desek
- protiodrazové vrstvy objektivů
- Newtonova skla

Ohyb (difrakce) světla = interference při ohybu světla – dochází k němu na překážkách, které mají rozměry srovnatelné s vlnovou délkou použitého světla.

Za překážkou vznikne ohybový obrazec, který lze vysvětlit pomocí Huygensova principu. Interferencí vznikají maxima a minima.



b ...mřížková konstanta- perioda mřížky
(vzdálenost středů dvou sousedních štěrbin)

$$b = \frac{1m(mm)}{N}; \quad N \dots \text{počet vrypů}$$

d ...dráhový rozdíl koherentních paprsků

α ...úhel, o který se odchýlí paprsky od původního směru

- zesílení světla

$$d = b \sin \alpha = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

- zeslabení světla

$$d = b \sin \alpha = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}; \quad k = 0, 1, 2, \dots \text{řád maxima, či minima}$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Polarizace světla (usměrnění) – je důkazem toho, že světlo je příčné elektromagnetické vlnění.

Světlo lze polarizovat odrazem, lomem či dvojlomem a to částečně nebo úplně.

Při **polarizaci odrazem** je odražené světlo zcela polarizováno jen při úhlu dopadu α_B ... Brewsterův polarizační úhel, pro který platí $tg \alpha_B = n$.

n index lomu prostředí

Dvojlom nastává u opticky **anizotropních** krystalů – paprsek se po průchodu rozdělí na dva lineárně polarizované paprsky – **řádný (ordinální)** a **mimořádný (extraordinální)**.

Anizotropní prostředí - světlo nemá ve všech směrech stejnou rychlost.

Příkladem je islandský vápenec, křemen, klenec, turmalín.

Dvojlomu se používá při výrobě polaroidů- polarizačních filtrů.

Zařízení – **polarizátor, analyzátor**.

Polarizátor = zařízení, kterým získáme polarizované světlo. Toto světlo pozorujeme pomocí analyzátoru.

Umělá polarizace - touto metodou je možno určit koncentraci cukerných roztoků.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

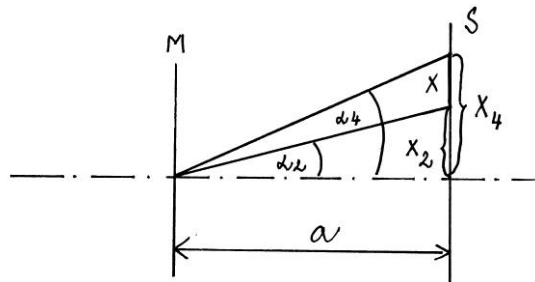
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklady:

1. Na ohybovou mřížku, která má na 1mm 100 vrypů, dopadá kolmo rovnoběžný svazek červeného světla vlnové délky 700nm. Vypočítejte, v jaké vzdálenosti od sebe budou druhý a třetí světlý proužek na stínítku postaveném ve vzdálenosti 1m od mřížky.

Řešení

$$b = \frac{10^{-3}}{100} = 10^{-5} \text{ m}, \quad \lambda = 700 \text{ nm} = 700 \cdot 10^{-9} \text{ m}, \quad a = 1 \text{ m}, \quad x = ?$$



$$\text{Zesílení světla na mřížce} \Rightarrow b \sin \alpha = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda.$$

$$k = 2 \Rightarrow b \sin \alpha_2 = 2\lambda \Rightarrow \sin \alpha_2 = \frac{2\lambda}{b} \Rightarrow \alpha_2, \text{ dále platí } \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{x_2}{a} \Rightarrow x_2 = a \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 = 14 \text{ cm},$$

$$k = 4 \Rightarrow b \sin \alpha_4 = 4\lambda \Rightarrow \sin \alpha_4 = \frac{4\lambda}{b} \Rightarrow \alpha_4, \text{ dále platí } \operatorname{tg} \alpha_4 = \frac{x_4}{a} \Rightarrow x_4 = a \cdot \operatorname{tg} \alpha_4 = 29 \text{ cm},$$

$$x = x_4 - x_2 = 15 \text{ cm}.$$

2. Určete nejvyšší řád spektra, v němž je ještě možno pozorovat fialovou čáru s vlnovou délkou 400nm pomocí mřížky, která má na 1mm 400 vrypů.

$$\left(b \sin \alpha = k\lambda \Rightarrow \sin \alpha = \frac{k\lambda}{b} \Rightarrow k = 6 \right)$$

3. Mřížka má na 1mm 500 vrypů. Kolik maxim dáva v červeném světle ($\lambda = 700 \text{ nm}$) ?

$$\left(k = 2 \right)$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

4. Světlo sodíkové čáry $\lambda = 589,3nm$ dává na stínítku vzdáleném 1m maximum druhého řádu ve vzdálenosti 10cm od hlavního maxima. Určete počet vrypů na 1mm.

$$\left(b \sin \alpha = k\lambda \Rightarrow b = \frac{k\lambda}{\sin \alpha}, \quad \text{tg } \alpha = \frac{x}{a} \Rightarrow \alpha, \quad b = \frac{10^{-3}}{N} \Rightarrow N = \frac{10^{-3}}{b} = 84 \text{ vrypů na 1mm} \right)$$

5. Vzdálenost dvou štěrbin, které slouží jako koherentní světelné zdroje, je 0,1mm. Vypočítejte, v jaké vzdálenosti od centrálního maxima se nachází druhý červený pruh $\lambda = 700nm$. Stínítko je od štěrbin vzdáleno 50cm.

$$\left(b \sin \alpha = 2\lambda \Rightarrow \sin \alpha = \frac{2\lambda}{b} \Rightarrow \alpha, \text{tg } \alpha = \frac{x}{a} \Rightarrow x = a \cdot \text{tg } \alpha = 7mm \right)$$

6. Mydlinová blána ($n=1,33$) je kolmo osvětlená monochromatickým světlem vlnové délky 555nm. Jaká musí být tloušťka blány, aby v odraženém světle na bláně vznikl interferenční úkaz?

$$\left(\delta = 2dn + \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 2dn + \frac{\lambda}{2} = k\lambda, k = 1 \Rightarrow d = \frac{\lambda}{4n} = 104,32nm \right)$$

7. Optická mřížka má 200 vrypů na 1mm délky mřížky. Určete vlnovou délku monofrekvenčního světla štěrbinového zdroje, jestliže směry k maximum 1. řádu navzájem svírají úhel 10° .

$$(b \sin \alpha = \lambda, \alpha = 5^\circ \Rightarrow \lambda = 436nm)$$

8. Na stínítku ve vzdálenosti 1,5m od optické mřížky vzniklo při osvětlení monofrekvenčním světlem o vlnové délce 540nm ohybové maximum 1. řádu ve vzdálenosti 16,3cm od maxima nultého řádu. Určete periodu optické mřížky.

$$(b \sin \alpha = \lambda \Rightarrow b = \frac{\lambda}{\sin \alpha} = 5 \cdot 10^{-6} m, \text{tg } \alpha = \frac{x}{a} \Rightarrow \alpha)$$

9. Určete celkovou šířku spojitého spektra 1. řádu ($\lambda = 400nm - 760nm$), které vzniklo na stínítku ve vzdálenosti 1m od optické mřížky s periodou 0,1mm.

$$(x = x_2 - x_1 = 7,6mm - 4mm = 3,6mm)$$



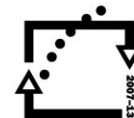
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- 10.** Na optickou mřížku, která má na 1mm 300 vrypů, dopadá světlo o vlnové délce 500nm. Určete úhly odpovídající směrům ohybových maxim 1., 2. a 3. řádu.
($\alpha_1 = 8,6^\circ, \alpha_2 = 17,5^\circ, \alpha_3 = 26,7^\circ$)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Seznam použité literatury a pramenů:

- Lepil,O.: Optika. Prometheus, Praha 2003. 205s. ISBN 80-7196-237-6.
- Lepil,O.- Bednařík,M.- Šíroká,M.: Fyzika. Sbíрка úloh pro střední školy. Prometheus, Olomouc 1995. 269s. ISBN 80-7196-048-9.
- Kružík,M.: Sbíрка úloh z fyziky. Státní pedagogické nakladatelství, n. p., Praha 1984. 335s. ISBN 14-117-84.

Necitované objekty (užité v tomto DUM) jsou dílem autora.

Materiál je určen pro bezplatné užívání pro potřebu výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.

Dílo smí být šířeno pod licencí CC BY – SA.