

6. Optika

6.1 Základní pojmy

Tělesa, která vysílají světlo, jsou světelné zdroje. Zářivá energie v nich vzniká přeměnou z energie elektrické, chemické, jaderné. Zdrojem světla mohou být i osvětlená tělesa (vidíme je díky odrazu a rozptylu světla).

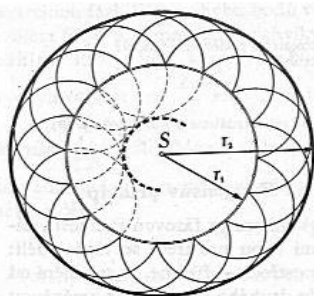
Látky, kterými prochází světlo, nazýváme optické prostředí (vzduch, sklo).

Ze zdroje se šíří elektromagnetické vlnění všemi směry. Plochy stejné fáze nazýváme **vlnoplochy**. V izotropním prostředí mají kulový tvar. Je-li zdroj ve velké vzdálenosti pak lze mluvit o vlnách rovinných.

Při dopadu světelné vlny na překážku dochází k **odrazu, lomu, ohybu** (je-li velikost překážky srovnatelná s vlnovou délkou).

Ukazuje se, že světlo je vlnění, proto pro něj platí stejné zákony.

Platí zde Huygensův princip

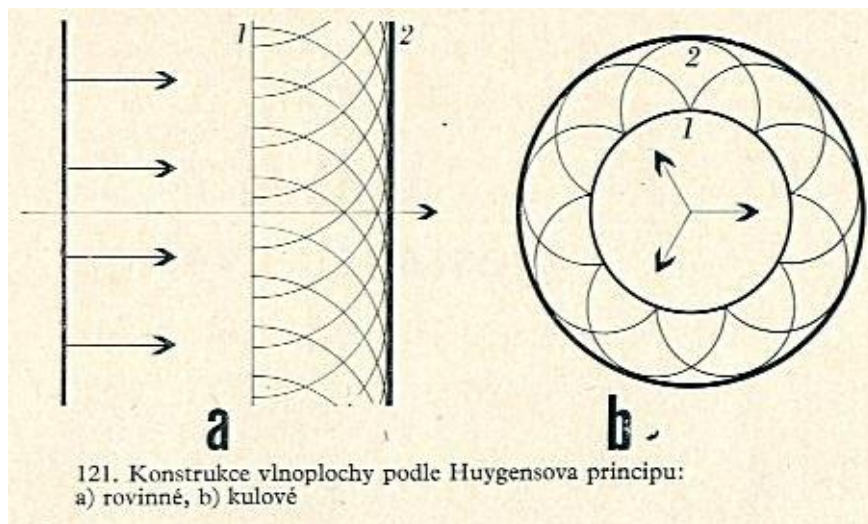


Každý bod, do něhož vlnění přijde, se stává zdrojem vlnění.

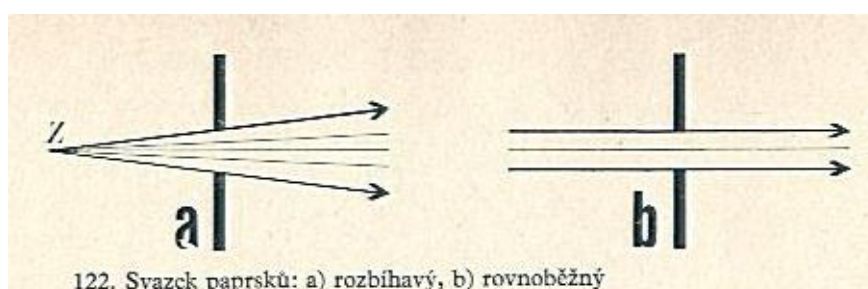
Plocha, obklopující zdroj, na níž se vlnění dostalo za určitou dobu – **vlnoplocha**.

Kolem každého bodu, do něhož vlnění došlo, se vytvoří kulová vlnoplocha – **elementární vlnoplocha**.

Konstrukce vlnoploch pro světlo:



Normála k vlnoploše se nazývá světelný paprsek a představuje směr šíření světla. Světlo se šíří přímočaře ve svazcích.



Máme dva svazky paprsků:

Přirozené bílé světlo je složeno z mnoha vlnění a nemá tedy určitou vlnovou délku.

Světlo o určité vlnové délce se nazývá

monochromatické (jednobarevné).

Barva světla, kterou vnímáme je dána vlnovou délkou světelného vlnění.

Rozklad světla provedl Isac Newton pomocí hranolu a získal 7 základních barev spektra: červená, oranžová, žlutá, zelená, modrá, indigová, fialová.

Vlnové délky: červená barva: 760 nm, fialová: 380 nm (viditelné spektrum).

6.2 Rychlost šíření a světla a její určení

Poprvé proběhlo měření v roce 1675. Roemer jej určil z astronomického pozorování. Pozoroval výstupy jednoho ze čtyř měsíců Jupiterových z Jupiterova stínu. Protože Země, Jupiter a jeho měsíc jsou v téže rovině, vstupoval Jupiterův měsíc do jeho stínu v pravidelných předem stanovitelných intervalech. Mohl tedy Roemer sestavit časový rozvrh, který udával časy, při nichž tato zatmění měla nastat. Ukazuje se, že dva jdoucí výstupy se zpožďují o 14s a vzdálenost se mění o 4300000 km. Rychlost vyjde 307 000 km/s.

Rychlost byla postupně zpřesňována až na dnešních $2,997925 \cdot 10^8$ m/s.

Bylo to určeno následujícím způsobem:

Bylo zjištěno, že rychlost šíření ve vodě je menší než ve vzduchu. Foucault naměřil přibližně $\frac{3}{4}$ rychlosti šíření ve vzduchu.

Ve vakuu rychlost světla nezávisí na vlnové délce (barvě). A nezávisí na zdroji světla ani na jeho pohybu.

V ostatních prostředích se světlo šíří menší rychlostí než ve vakuu, jeho rychlost závisí na jakosti (kvalitě) prostředí a na barvě světla.

6.3 Odraz a lom světla

Pro lom platí: 1) Světlo se láme z prostředí opticky řidšího (hustšího) do hustšího (řidšího) ke kolmici (od komice).

2) Paprsek lomený zůstává v rovině dopadu.

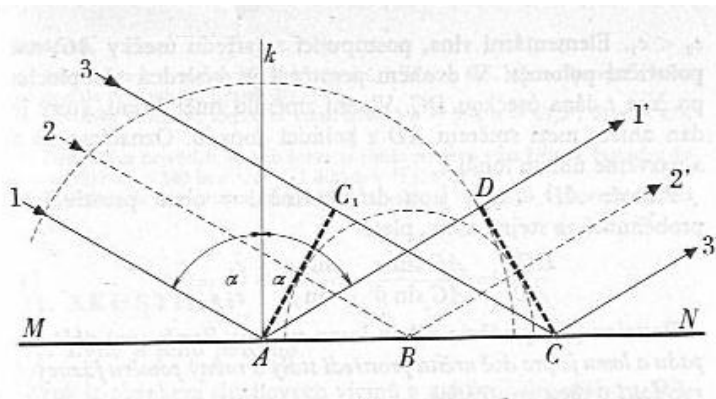
3) Úhel lomu pro světlo fialové je při přechodu z prostředí opticky řidšího do hustšího menší než pro světlo červené.

Prostředí s menší rychlostí světla je opticky hustší.

Máme základní případy:

a) Odraz světla

Při dopadu rovinné vlny na rozhraní stávají se jednotlivé body zdroji rozruchu z nichž se šíří kulové vlnoplochy.



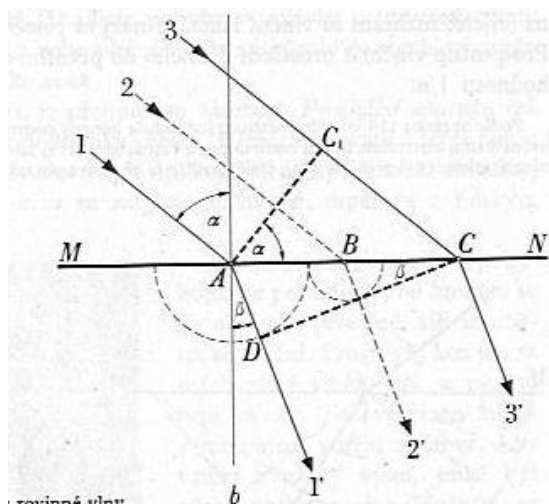
Směr šíření vlny svírá s kolmicí dopadu úhel alfa. Část rovinné vlny je zobrazena úsečkou AC_1 právě dotkla rozhraní v době A. Za čas t , za který se vlnění dostane z bodu C_1 do C , vytvoří se okolo bodu A kulová elementární vlnoplocha o poloměru $AD = CC_1 = c_1t$ v prvním

prostředí.

Vlnění odražené zůstává v rovině dopadu a platí: **úhel odrazu = úhlu dopadu.**

Závěr: Délka vlny se odrazem nemění – odraz nezávisí na barvě. Odražené světlo se vrací do původního prostředí – nemění se rychlost světla.

b) Lom světla



Od okamžiku, kdy se vlnoplocha dotkla rozhraní v bodě A, vlnění vstupuje i do druhého prostředí, kde postupuje fázovou rychlostí v_2 . Za čas t , za který vlnění přejde z bodu C_1 vlnoplochy do bodu C, vznikne okolo bodu A elementární vlnoplocha v druhém prostředí poloměru $AD = v_2t$ ($v_2 < v_1$). Elementární vlna, postupující ze středu úsečky AC, poloviční poloměr. V druhém prostředí je výsledná vlnoplocha po čase t dána úsečkou DC. Vlnění změnilo směr šíření, který je dán úhlem mezi směrem AD a kolmicí dopadu. Označíme ho β a nazveme ho úhlem lomu.

Protože $AD < CC_1$ jsou dráhy vlnění v obou prostředích proběhnuté za stejné doby, platí:

$$\frac{CC_1}{AD} = \frac{AC \sin \alpha}{AC \sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} - \text{Zákon lomu vlnění}$$

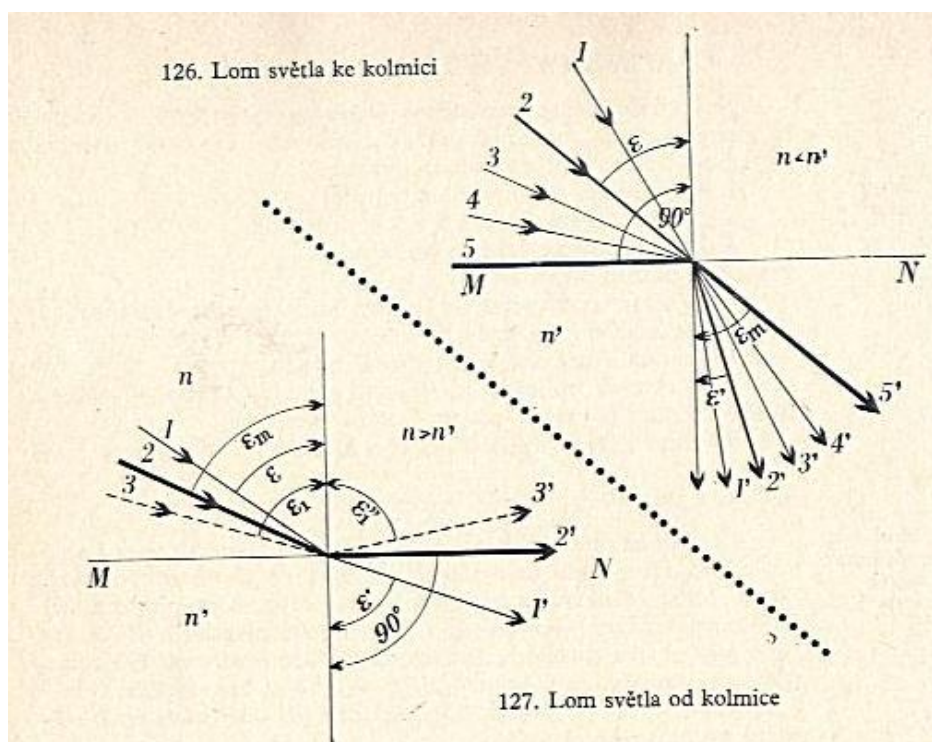
Zákon lomu vlnění slovně

Poměr sínů úhlu dopadu a lomu je pro určité prostředí stálý a rovný poměru fázových rychlostí v obou prostředích.

Podíl sínů úhlů dopadu a lomu světla pro dvě daná prostředí je veličina stálá, určená podílem rychlostí světla v obou prostředích.

Mohou nastat dva případy:

- a) Lom ke kolmici - $v_1 > v_2$
- b) Od kolmice - $v_1 < v_2$



6.4 Index lomu

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

Ve vakuu $v_1 = c$.

Podíl $\frac{v_1}{v_2} = n$ či $\frac{c}{v_2} = n$ - **index lomu**

Hodnoty indexu lomu:

Pro vakuum: $n = 1$

Pokud platí: $c > v_2$, pak $n > 1$

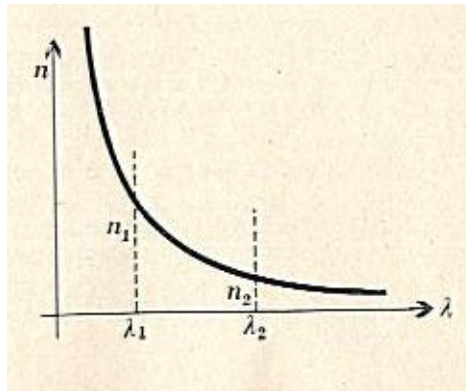
Čím je n větší tím je menší rychlost v tomto prostředí.

Pro vzduch: $n = 1,0029$

Je-li n_1 index lomu prvního a n_2 index lomu druhého prostředí, pak lze zákon lomu psát ve

tvaru:
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Bylo zjištěno, že index lomu látek závisí na vlnové délce a s klesající vlnovou délkou světla většinou vzrůstá. Závislost indexu lomu na vlnové délce se nazývá disperze a vyjadřuje se tzv. disperzní křivkou. Poněvadž u všech průhledných látek roste index lomu s klesající vlnovou délkou, láme se v těchto látkách fialové světlo více než červené.



6.5 Úplný odraz

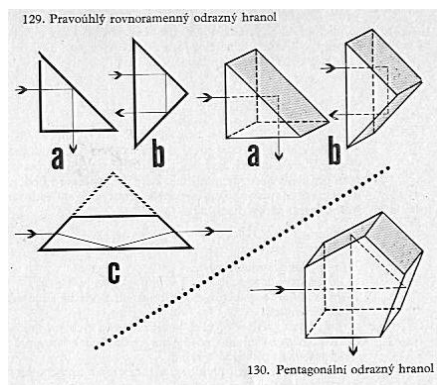
Jde-li světlo z prostředí opticky řidší do hustšího je $\beta < \alpha$. Jde-li světlo z prostředí opticky

hustšího do řidšího je $\beta > \alpha$. Pro jistý úhel α_m nastane: $\sin \alpha_m = \frac{n_2}{n_1}$ pro $\alpha > \alpha_m$ nenastane

lom, ale úplný odraz.

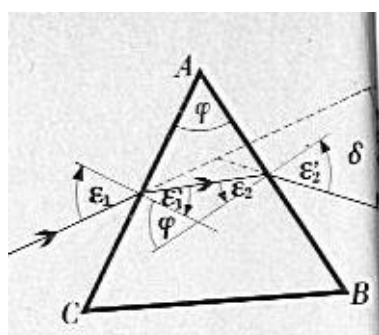
Využití v odrazných hranolech. Jsou sestaveny tak, aby střední paprsky byly kolmé.

Odrazné hranoly



Odrazné hranoly jsou zpravidla sestaveny tak, aby střední paprsky svazků byly kolmé ke stěně vstupní a výstupní, zmenší tím ztráty světla odrazem. Hranoly používané v praxi jsou různého tvaru (viz obrázek).

6.6 Rozklad světla hranolem

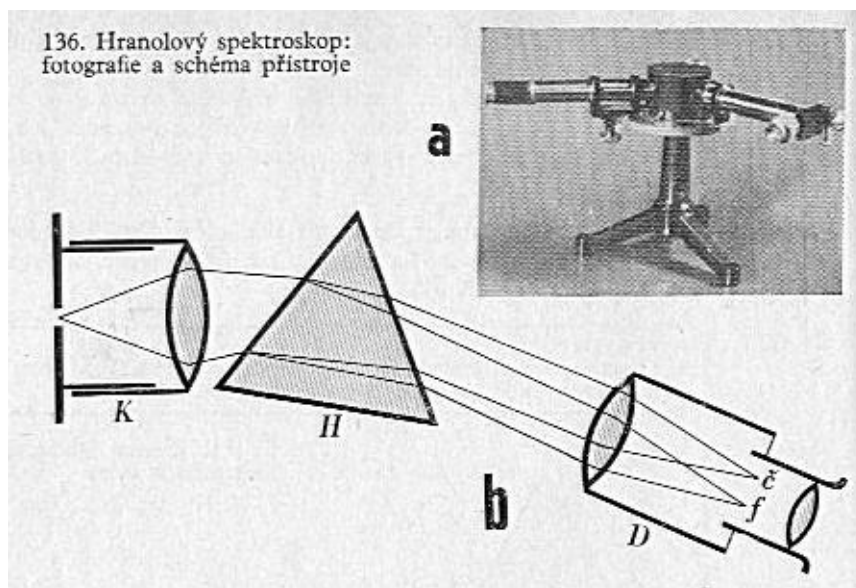


Světlo se průchodem hranolu odchyluje.

Po průchodu bílého světla, je paprsek duhově zbarven. Index lomu závisí na vlnové délce, bílé světlo se při lomu rozkládá. Světlo lze dále rozložit pomocí ohybu. Vzniklý barevný prvek se nazývá **spektrum**. Má sedm základních barev: červená, oranžová, žlutá, zelená, modrá, indigová, fialová. Červená barva se nejméně odchyluje. Newton ukázal, že jednotlivá spektra světla jsou jednoduchá a nelze je rozložit. Složíme-li světla vzniklá rozkladem, získáme bílé světlo.

6.7 Spektroskop

Zkoumáním spekter se zabývá spektroskopie. K vyšetřování spekter používáme hranolový spektroskop. Skládá se z hranolu H, kolimátoru K, dalekohledu D.



Princip: V kolimátoru se získává svazek rovnoběžných paprsků. Je to trubice na jednom konci je spojná čočka, na druhém štěrbinu v ohniskové rovině čočky. Štěrbina je rovnoběžná s lámavou hranou hranolu. Šířku štěrbinu lze měnit jemným šroubem. Z kolimátoru dopadá svazek na hranol, který se otáčí kolem svislé osy. Hranolem se rozkládá bílé světlo v řadu barevných svazků, přičemž paprsky svazku téže barvy jsou spolu rovnoběžné. Po průchodu

objektivem dalekohledu se vytvoří v jeho ohniskové rovině řadu barevných obrazů štěrbin. Takto vzniklé spektrum pozorujeme okulárem dalekohledu.

Spektrometr – určuje vlnové délky.

Spektrograf – fotografuje snímky spekter.

6.8 Interference světla

Vlnovou povahu světla potvrzují jevy interference a ohyb.

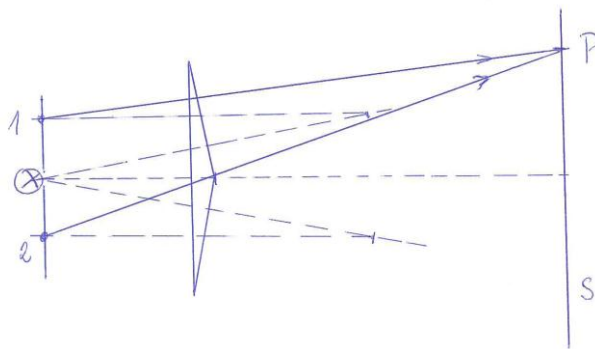
Interference vzniká skládáním dvou nebo více vlnění.

Podle velikosti fázového nebo dráhového rozdílu mezi světelnými paprsky se mění velikost výsledného osvětlení.

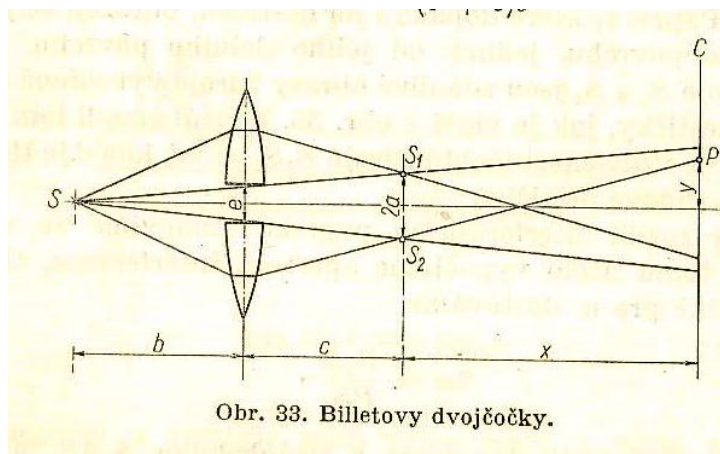
Abychom mohli interferenci pozorovat, je nutné, aby světelné vzruchy měly stejný kmitočet (frekvenci) a na čase nezávislý fázový rozdíl. Takovéto světlo lze získat rozdělením světla ze zdroje na dvě vlnění. Takovéto vlnění nazýváme **koherentní**.

Příklady koherentního světla:

Fresnelův dvojhranol

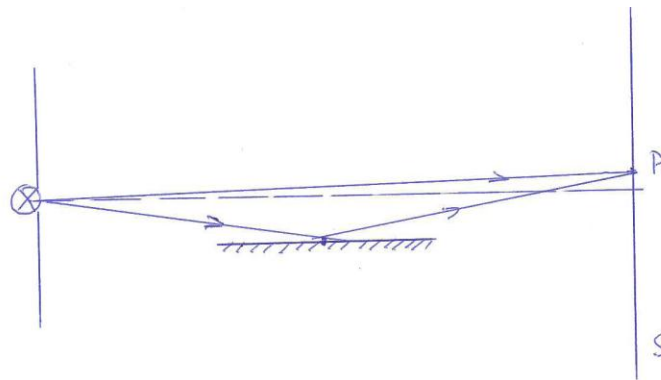


Billetovy dvojčočky



Obr. 33. Billetovy dvojčočky.

Lloydovo zrcátko

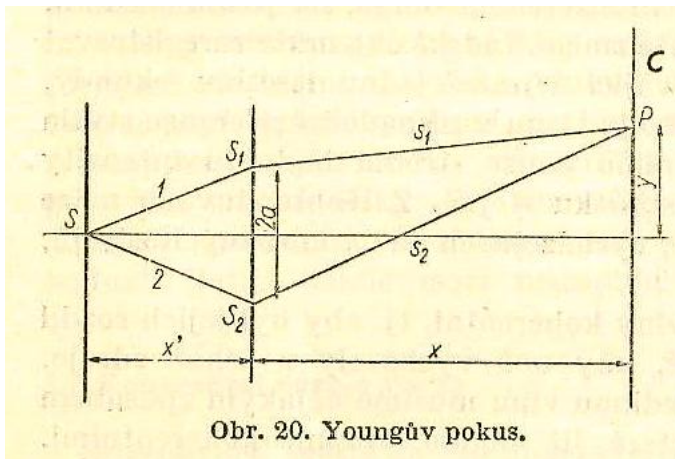


Yongův pokus

Vlnění můžeme popsat rovnicí: $u = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$

Rovnici můžeme dále upravit:

$$u = A \sin \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda} \right) = A \sin(\omega t - kx) = A \sin(\omega t - \varphi)$$



Obr. 20. Youngův pokus.

Je-li v $t=0$, $x=0$ $u_0 = A \sin \alpha_0$ pak
 $u = A \sin(\omega t - \varphi + \alpha_0)$, α_0 - počáteční fáze vlnění

Z S_1 :

$$u_1 = A_1 \sin \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi s_1}{\lambda} \right) = A_1 \sin(\omega t - \varphi_1)$$

Z S_2 :

$$u_2 = A_2 \sin \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi s_2}{\lambda} \right) = A_2 \sin(\omega t - \varphi_2)$$

V bodě P:

$$u = u_1 + u_2 = A_1 \sin(\omega t - \varphi_1) + A_2 \sin(\omega t - \varphi_2) = A_1 \sin \omega t \cos \varphi_1 - A_1 \cos \omega t \sin \varphi_1 + A_2 \sin \omega t \cos \varphi_2 - A_2 \cos \omega t \sin \varphi_2 = A \cdot \sin \omega t (A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2) - A \cdot \cos \omega t (A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2) = A \cdot \sin \omega t \cos \varphi - A \cdot \cos \omega t \sin \varphi = A \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

$$\delta = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot (s_2 - s_1), \delta - \text{fázový rozdíl}$$

Intenzita I: $I = k \cdot A^2$

$$I_{\max} : \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 1 \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = 2m\pi \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

$$I_{\min} : \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1 \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_1 = (2m\pi + 1) \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

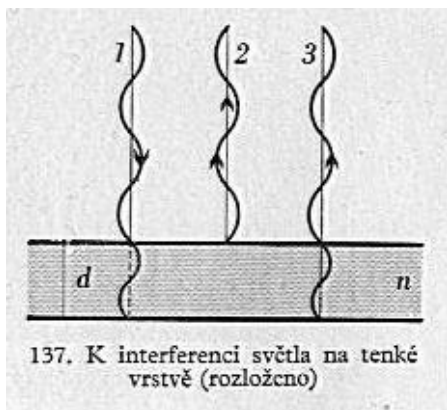
Číslo m značí interferenční řád

$$\text{Maxima} - \text{celistvý násobek } \lambda \quad s = 2m \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Minima} - \text{lichý násobek } \frac{\lambda}{2} \quad s = \frac{2m+1}{2} \lambda$$

6.9 Interference na tenké vrstvě

Nejnápadněji se interferenční jevy projevují na tenkých vrstvách (mýdlová bublina, olej na vodě, slída)



137. K interferenci světla na tenké vrstvě (rozloženo)

Na blánu tloušťky d , o indexu lomu n dopadá svazek monochromatického světla (obrázek 1). Dopadem na rozhraní se rozdělí na dva svazky: část světla se odráží (2) od přední stěny (opačná fáze), zbytek blánou prochází a odráží se od její druhé stěny (3).

V prostoru před blánou se setkávají dvě světelné vlny (2) a (3) jež jsou koherentní.

Výsledek interference závisí na dráhovém rozdílu vlnění.

Vlna (2) při odrazu s opačnou fází získá dráhový rozdíl

$\frac{\lambda}{2}$. Vlna (3) prošla 2x blánou a získala dráhový rozdíl

2nd. Při odrazu na prostředí opticky řidším se fáze nemění.

$$\text{Celkový dráhový rozdíl je: } \delta = \frac{\lambda}{2} + 2nd$$

$$\text{Zesílení: } \delta = 2 \cdot k \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Zesílení světla nastane v místech, pro něž platí

$$\frac{\lambda}{2} + 2nd = 2 \cdot k \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$2nd = (2 \cdot k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}; \quad \lambda - \text{je vlnová délka použitého světla; } k - \text{řád (maxima nebo minima)}$$

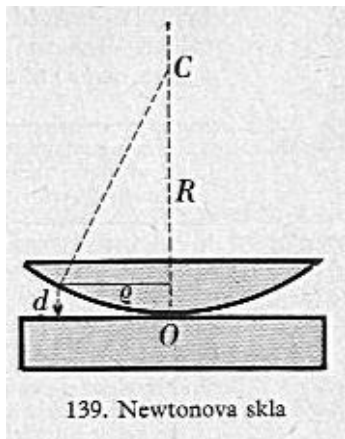
$$\text{Zeslabení: } \delta = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$\frac{\lambda}{2} + 2nd = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$2nd = k \cdot \lambda$$

Je-li tenká vrstva planparalelní, proužky se neobjevují. Není-li, objeví se v monochromatickém světle proužky, v bílém světle duhové zbarvení.

6.10 Newtonovy kroužky



Vznikají vložení ploškovypuklé čočky o velkém poloměru křivosti na rovinnou desku. Vznikají soustředěné kroužky. Jejich střed je v bodě dotyku čočky a destičky (bod O).

Dopadá-li kolmo na čočku monochromatické světlo, objeví se ve světle odraženém interferenční jev ve tvaru soustavy soustředěných světlých a tmavých kroužků s tmavým kroužkem uprostřed. Ve světle propuštěném pozorujeme uprostřed kroužek světlý a pak se střídají tmavé a světlé kroužky.

Z Euklidovy věty: $r^2 = h_1(2R - h_1) = 2Rh_1$ je-li $h_1 \ll R$ pak:

$$h_1 = \frac{r^2}{2R}, \quad r - \text{poloměr interferenčního kroužku.}$$

$$\text{Dráhový rozdíl: } s = 2h_1 \pm \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2}{R} \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Světlé kroužky: } s = k\lambda \text{ pak } k \cdot \lambda = \frac{r_k^2}{R} \pm \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{Tmavé kroužky: } s = (2 \cdot k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2} \text{ pak } (2 \cdot k + 1) \frac{\lambda}{2} = \frac{r_k^2}{R} \pm \frac{\lambda}{2}$$

Střed kroužků pro $r = 0$ má pro maximum řád $k = \frac{1}{2}$ - nelze \Rightarrow střed bude tmavý

Poloměry tmavých kroužků: $r_0 : r_1 : r_2 \dots = \sqrt{1} : \sqrt{2} : \sqrt{3} \dots$

Při pozorování v bílém světle vzniká zabarvení kroužků, modrá je uvnitř, červená je vně prvního kroužku.

Pomocí Newtonových kroužků lze měřit vlnovou délku světla, poloměr křivosti čočky.

6.11 Ohyb světla (difrakce)

Protože je světlo vlnění musí vykazovat ohyb. **Je to jev, kdy vlnění postupuje při setkání s překážkou v jiných směrech než ve směru přímočarého šíření.**

V akustice je ohyb zvuku běžný, ovšem pouze na překážkách srovnatelných s vlnovou délkou zvukového vlnění. Zvuk se dostane ohybem a za překážku.

Ohybové jevy v optice je možné pozorovat na překážkách srovnatelných s vlnovou délkou světla (390 – 790 nm) – na tenkém drátě, vlasu, úzké štěrbině, na malém otvoru nebo terčiku.

Ohybový obrazec

Vzniká nám za překážkou ohybový obrazec v podobě světlých a tmavých proužků různé šířky. Ohybový obrazec je výsledkem interference světelného vlnění, které do uvažovaného místa na stínítku přichází.

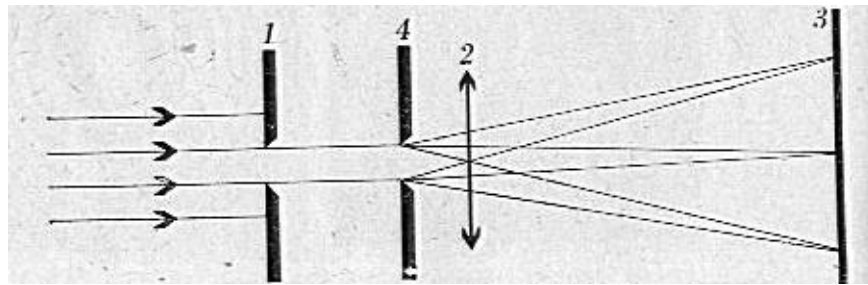
Máme dva základní ohyby světla:

a) **Z bodového zdroje (Fresnelův ohyb)**

b) **V rovnoběžném světle (Fraunhoferův ohyb)**

Rovnoběžný svazek paprsků vytvoříme velmi vzdáleným bodovým zdrojem nebo umístěním v ohniskové rovině spojné čočky.

1) Ohyb světla na štěrbině



Za osvětlenou štěrbinou nevznikne ostrý geometrický stín, ale soustava světlých a tmavých proužků = označujeme ho jako interferenční obrazec. Při použití bílého světla jsou světlé proužky duhově zbarveny (kromě střední proužku = maximum nultého řádu – to je bílé, protože se interferencí zesilují všechny barvy).

Podmínka pro vznik maxima či minima

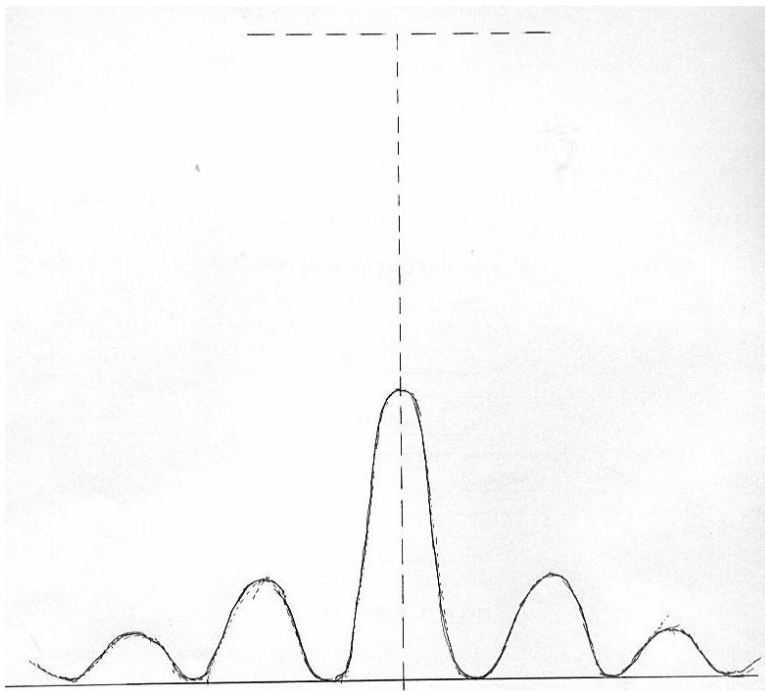
Podmínka pro minimum: $a \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda \quad k = \pm 1, \pm 2, \dots$

Podmínka pro maximum: $a \cdot \sin \alpha_k = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

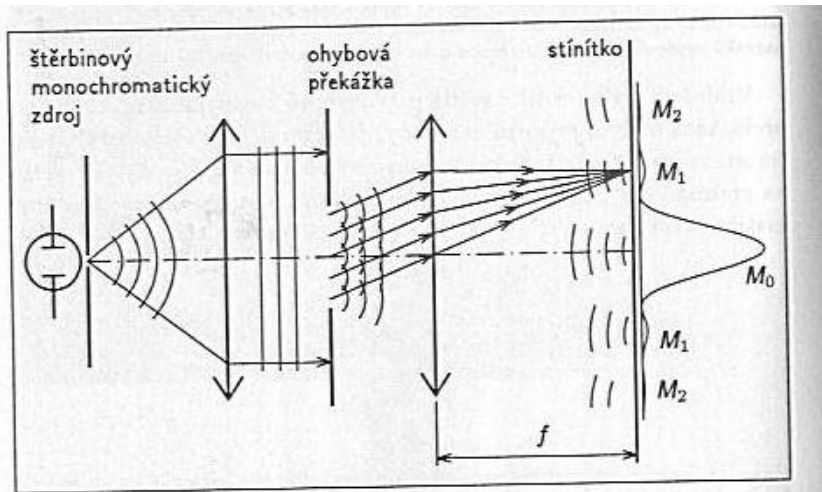
Podmínka pro nulté maximum: $a \cdot \sin \alpha_0 = 0$

a – šířka štěrbiny

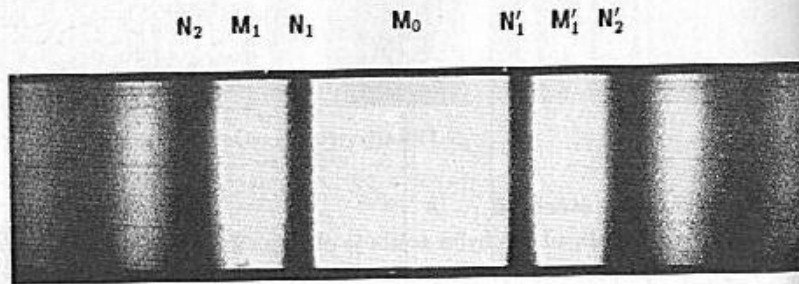
Obrazec vzniklý na stínítku (intenzita maxim a minim):



Celkové schéma ohybu na štěrbíně



2-12 K výkladu ohybu světla na štěrbíně

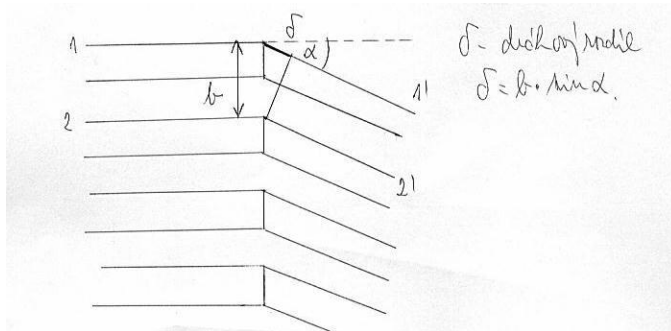


2-13 Ohybový obrazec světla procházejícího štěrbínou

Vzniklý obrazec je platný nejen pro štěrbinu ale i pro optickou mřížku.

Čím je štěrbina širší, tím jsou extrémy blíže k sobě. Čím je štěrbina užší, tím je ohyb výraznější, proto je nejvýraznější na úzké štěrbíně.

2) Ohyb světla na optické mřížce



Podmínka pro vznik maxima či minima

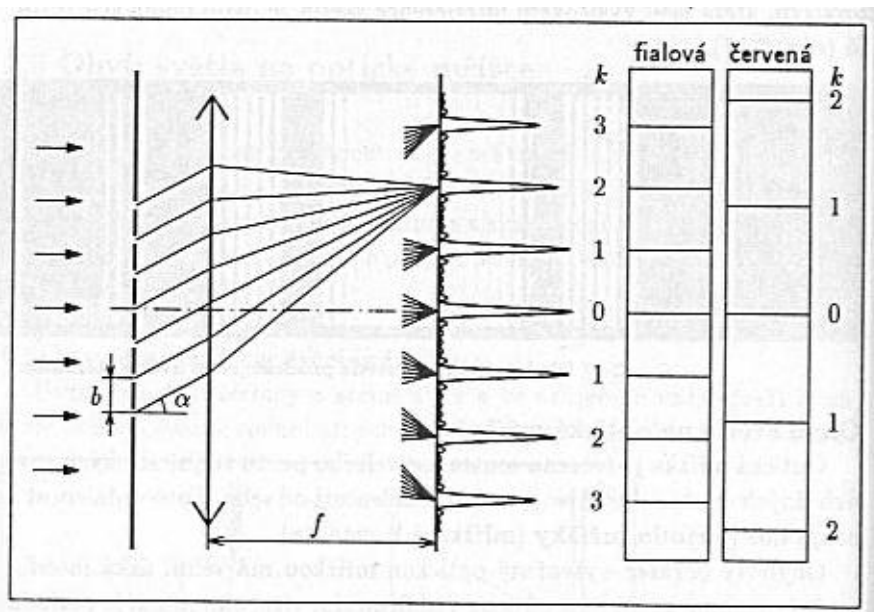
Podmínka pro minimum: $b \cdot \sin \alpha_k = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

Podmínka pro maximum: $b \cdot \sin \alpha_k = k \cdot \lambda$

$b = \frac{1}{N}$ N – počet vrypů na 1 mm

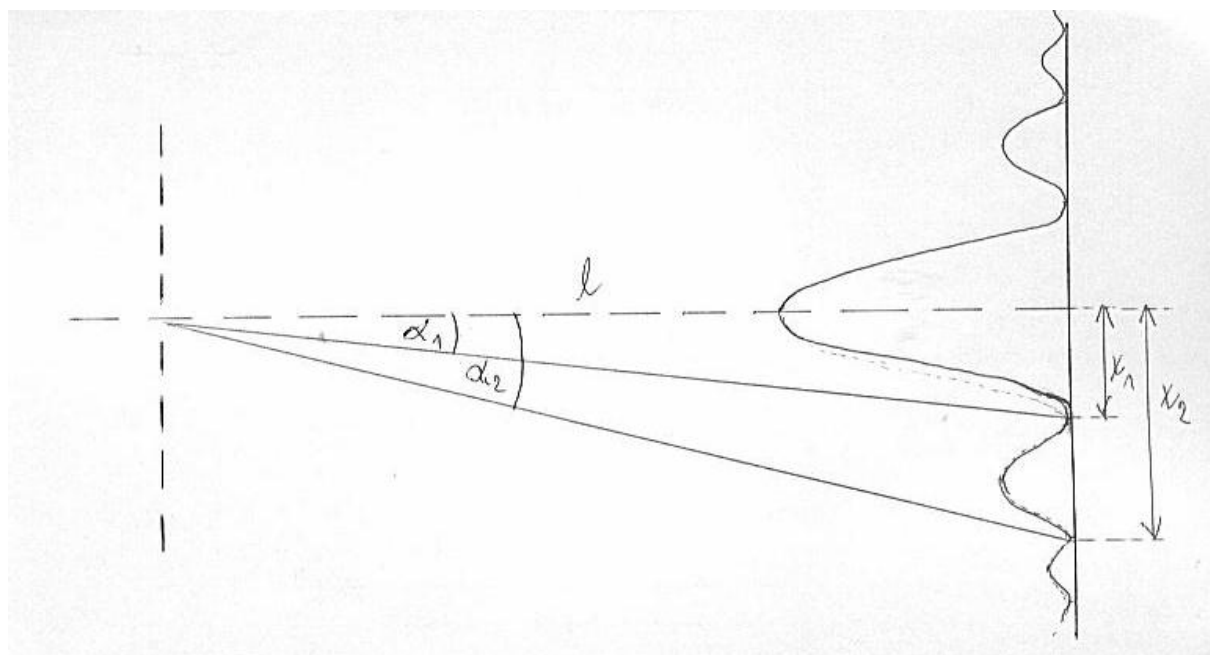
b – mřížková konstanta

Shrnující schéma optické mřížky



Následující příklad platí pro štěrbinu i mřížku
Odvození vzdálenosti prvního a druhého minima

Obecně:



$$\Delta x = x_2 - x_1 = l \cdot (\operatorname{tg} \alpha_2 - \operatorname{tg} \alpha_1) = l \cdot \left(\frac{\sin \alpha_2}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_2}} - \frac{\sin \alpha_1}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_1}} \right)$$

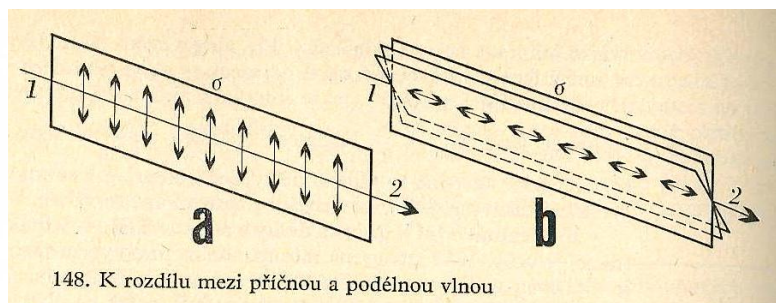
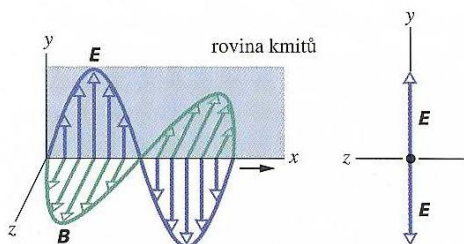
Konkrétní příklad:

Štěrbina má šířku $2 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$, dopadá na ni červené světlo ($\lambda = 7,6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$). Určete vzdálenost 1. a 2. minima na stínítku, ve vzdálenosti $l = 3 \text{ m}$.

$$\Delta x = l \cdot \left(\frac{\sin \alpha_2}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_2}} - \frac{\sin \alpha_1}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_1}} \right) = l \cdot \left(\frac{\frac{2\lambda}{a}}{\sqrt{1 - \left(\frac{2\lambda}{a}\right)^2}} - \frac{\frac{\lambda}{a}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{a}\right)^2}} \right) = l \cdot \left(\frac{2\lambda}{\sqrt{a^2 - 4\lambda^2}} - \frac{\lambda}{\sqrt{a^2 - \lambda^2}} \right) =$$

$$= l \cdot \lambda \left(\frac{2}{\sqrt{a^2 - 4\lambda^2}} - \frac{1}{\sqrt{a^2 - \lambda^2}} \right) = 3 \cdot 7,6 \cdot 10^{-7} \left(\frac{2}{\sqrt{4 \cdot 10^{-10} - 4 \cdot (7,6 \cdot 10^{-7})^2}} - \frac{1}{\sqrt{4 \cdot 10^{-10} - (7,6 \cdot 10^{-7})^2}} \right) = 0,1145 \text{ m}$$

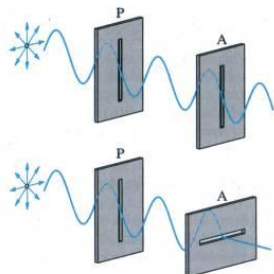
6.12 Polarizace



148. K rozdílu mezi příčnou a podélnou vlnou

Světlo má vlnovou povahu. Jedná se o příčné elektromagnetické vlnění. Charakterizují ho dva vektory: \vec{E} , \vec{B} . My budeme dále vyšetřovat jen jeden z obou vektorů, a to \vec{E} - vektor intenzity elektrického pole.

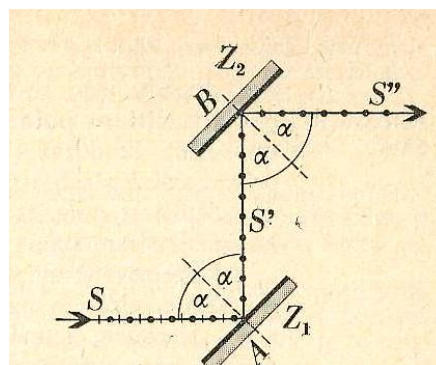
V paprsku přirozeného světla kmitá vektor \vec{E} ve všech možných rovinách. Směr kmitů se nepravidelně, neustále a velmi rychle mění. Pomocí odrazu, lomu nebo dvojlomu světla lze dosáhnout toho, že \vec{E} bude kmitat pouze v jedné rovině. Říkáme, že světlo se lineárně polarizovalo.



3-32 Mechanický model polarizátoru a analyzátoru

Zařízení, kterým se světlo polarizuje, nazýváme **polarizátor**. Avšak ani ve světle polarizovaném nic zvláštního pouhým okem nepozorujeme. K rozlišení světla polarizovaného a nepolarizovaného potřebujeme další zařízení zvané **analyzátor**.

Je-li Z_1 rovnoběžné s Z_2 světlo se odráží od obou zrcadel a postupuje dále. Stočíme-li Z_2 od 90° kolem AB, odraz nenastane. Z_1 rovnoběžné s Z_2 odráží se. Z_1 a Z_2 je kolmé na Z_2 neodráží se, takové světlo se nazývá úplně polarizované.



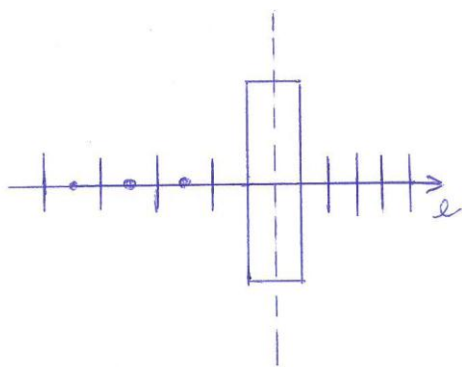
Původní rovina dopadu se nazývá polarizační rovina. Daný jev nastává pro určitý úhel – **polarizovaný úhel**.

Při jiném úhlu pouze částečně polarizované světlo.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90 - \alpha)} = \operatorname{tg} \alpha = n$$

Polarizované světlo lze získat: odrazem, lomem na rozhraní dvou izotropních dielektrik, dvojlomem.

1) Turmalín



Amorfnní látka dvojlomná. Z destičky vychází paprsek mimořádný (extraordinalis – e) a řádný je uvnitř pohlcen. Mimořádný paprsek je polarizován kolmo na směr šíření.

2) Islandský vápenec

Při průchodu světla do krystalu nastává dvojlom, vzniknou dvě vlny – řádná a mimořádná. Poprvé pozorováno r. 1669 na krystalu islandského vápence, podobný úkaz je i v ostatních krystalových soustavách, kromě krychlové.

Islandský vápenec krystaluje v šesterečné soustavě, jeho krystalové formy mají tvar klenec omezeného 6 kosočtverců, tupý úhel má $101^{\circ}55'$, v 6 rozích se stýká jeden tupý úhel a 2 ostré úhly, ve dvou rozích jsou všechny 3 tupé.

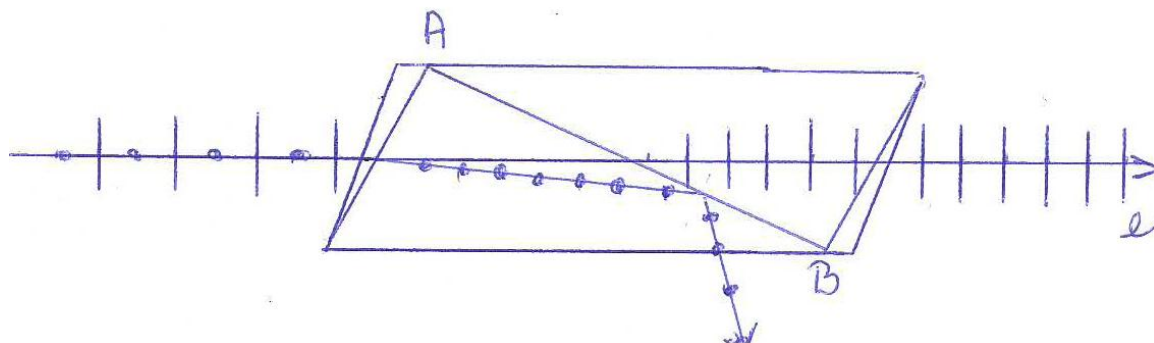
Spojnice AB určuje krystalografickou osu. Každý směr s ní rovnoběžný stanoví optickou osu krystalu. Rovina proložená optickou osou je hlavní rovina. Při dopadu světla na krystal:

- 1) Paprsek řádný prochází v původním směru a je polarizován v rovině složené řezu.
- 2) Mimořádný vybočuje stranou od původního směru a je polarizován kolmo k rovině řezu.

Prochází-li paprsek krystalu ve směru osy, dvojlom nenastává.

Vlna řádného paprsku se v krystalu šíří ve všech směrech touž rychlostí. Mimořádná se šíří rychlostí proměnnou (nejmenší je ve směru osy), největší ve směru kolmá k ose.

Některé látky pohlcují paprsky a to podle polarizace. Deska 2 mm vybroušená rovnoběžně s optickou osou pohltní paprsek řádný a propouští pouze mimořádný paprsek.

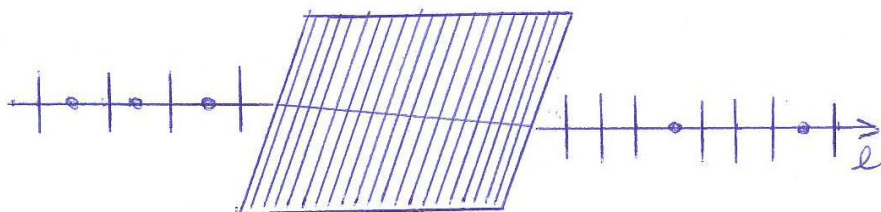


Vyštípeme z něj hranol 3x delší než širší s úhlem 71° . Ten zbrúsíme na 68° . Ve směru AB jej rozřízneme, vyleštíme a slepíme kanadským balzámem a tím vznikne nikol.

Z nikolu vychází paprsek mimořádný polarizovaný na směr šíření, paprsek řádný je po začernění pláště pohlcen uvnitř.

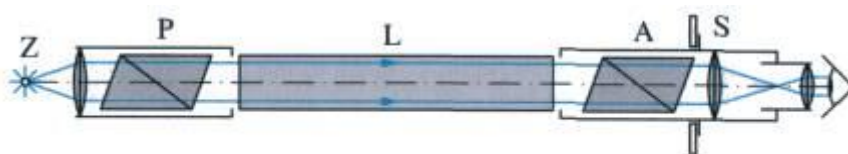
Užívá se do velmi kvalitních přístrojů.

- 3) Není-li jiná možnost můžeme částečně polarizované světlo získat průchodem světla skleněnými destičkami v minimálním počtu 10 uspořádanými do tvaru nikolu.



Užití polarizace

- 1) Určení stáčení polarizační roviny (určujeme koncentraci roztoků).



3-34 Princip polarimetru

Polarizované světlo se používá ke zkoumání opticky aktivních látek. To jsou látky, které mají schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla. Mezi opticky aktivní látky můžeme zařadit roztok cukru, bílkovin, oleje apod. Stáčení kmitové roviny polarizovaného světla měříme polarimetrem, jehož schéma je na obrázku. Přirozené světlo se nejprve polarizuje polarizátorem P, prochází opticky aktivní látkou L a vstupuje do analyzátoru A. před vložením látky do analyzátoru jsou roviny A a P zkřížené, takže zorné pole je temné. Po vložení látky se zorné pole rozjasní a otáčením analyzátoru se vyhledá poloha, při níž je pole analyzátoru opět temné. Úhel otočení analyzátoru se odečítá na stupnici S. Úhel stočení roviny polarizovaného světla je přímo úměrné koncentraci aktivní látky v roztoku.

- 2) Určení skrytého pnutí v průsvitných materiálech.
- 3) Určení tloušťky tenkých vrstev.
- 4) Polarizační filtr a brýle.

6.13 Absorpce a rozptyl světla

Světlo při průchodu prostředím se v něm částečně pohlcuje – absorpce světla.

Závisí na vlnové délce světla. Podle toho které vlnové délky látka neabsorbují takovou má barvu.

Červená látka – nepohlcuje červenou a oranžovou, ostatní úplně pohltní.

Prochází-li světlo intenzitou I_0 látkou tloušťky l : prošlé světlo stanovíme: $I = I_0 \cdot e^{-k \cdot d}$ - k je koeficient absorpce

V některých látkách, které světlo příliš neabsorbují, vzniká rozptyl světla. Projevuje se odchylováním světla od původního směru do všech možných úhlů.

Rozptyl světla je v podstatě ohyb na shlucích molekul. S rostoucím úhlem rozptylu intenzita ubývá.

$I = I_0 \cdot e^{-(k' + k) \cdot d}$, k – koeficient rozptylu.

Nejvíce se rozptyluje modré světlo nejméně žluté a červené. Použití: semafor.

Jsou-li rozměry rozptylujících částic velké – vznikne: mlha z malých kapiček je modrá, z velkých kapiček je bílá.