Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky

František Koláček

O křemenových klínech s osou souběžně broušených. [I.]

Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky, Vol. 6 (1877), No. 3, 131--136

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/122491

O křemenových klínech s osou souběžně broušených.*)

Sepsal
prof. Fr. Koláček v Brně.

Polariskop jest každý přístroj, kterýmž se posouditi dá zvláštní ona modifikace paprsku světelného, vyznačená jmenem polarisace.

Undulační theorie vysvětluje ji na základech mechanických z povahy dráhy, kterou opisuje kmitající molekul étherový.

Nejjednodušším polariskopem, Nikolem, turmalinem, aneb zrcadlem v pravé poloze orientovaným nelze než na přítomnost neb nepřítomnost polarisace linearné souditi. Příslušíť jí v jedné poloze Nikolova hranolu intensita nulle rovná, kdežto proměnná nebo stálá intensita v polarisaci elliptické, kruhovité, částečně i úplné, anebo v částečné linearné původ míti může.

Třeba na pomoc přibrati přístrojů, jež mění elliptickou a kruhovou polarisaci v linearnou, a naopak.

Mezi těmito zaujímají místo historicky přední Fresnelovy parallelopipedy, v nichž uvedená změna dvojím odrazem totalným se uskutečňuje.

V řadě druhé jmenovati lze desky z dvojlomných krystalů jakkoliv vyřezané a plochami rovnoběžnými omezené.

Dopadne-li na takou desku kolmý svazek paprsků polarisovaných, zlomí se směr paprskový, kdežto vlna rovinná nelomena prochází a vystupuje, sama sobě rovnoběžnou zůstávajíc.

Kmity se rozdělí v krystalu dle směrů kolmo k sobě nakloněných, jež označují osy oné ellipsy, která průsekem ellipsoidu rovné práce (Stefan) a vlny rovinné vzniká, — probíhají podél paprsku krystalem s různou rychlostí a vystupujíce interferují. Světlo dopadající bylo-li vstupujíc elliptickým, zůstane elliptickým, když krystal opouští s proměněnou výstředností a s jinými osami hlavními.

Sádrový anebo slídový lístek, z krystalu odštípnutý jest nejjednodušší přístroj tohoto druhu. V pomezné ploše obsahuje

*) Pojednání toto bylo vytištěno v programu gym. v Brně r. 1875; ale poněvadž zasluhuje většího rozšíření nežli dosud mělo, dopřáli jsme mu opět i zde místa.

dvě osy pružnosti. Odtud se ani paprsek v krystalu nelomí, kolmo dopadaje, kdežto kmity se rozkládají dle dvou os pružnosti. Má-li takový lístek i kruhovitě polarisované světlo v linearné proměniti, musí tak tlustý býti, aby jeden z paprsků rozkladem vzniklých druhý o čtvrt neb lichý počet čtvrtí délky vlnové předstihoval.

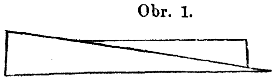
Užívá se slídové desky, v kteréž jmenovaná retardace obnáší čtvrt vlny světla žlutého. Název „slídová deska“ čtvrtvlnová aneb $\frac{\lambda}{4}$ jest tím odůvodněn. Takovým lístkem lze docíliti jmenovaných proměn prostým orientováním jeho vzhledem k rovině polarisační a odtud stává se doplňkem hranolu Nikolova, kterýmž nastalá polarisace linearná se konstatuje.

Manipulace s deskou slídovou a Nikolem se vždy redukuje na určování, nebo lépe řečeno, oceňování intensity. Práce tato bývá velmi znesnadněna proměnou barvy a rušivými dojmy řádu vedlejšího. Patříme-li na př. na jasné nebe, anebo plochu hladkou, vidíme pozadí takové příliš jasně na úkor proměněné intensitě světla, ku kteréž zřetel obrátiti dlužno.

Tuto vadu snadno odčiníme použitím klínů křemenových, kteréž v zorné vzdálenosti poskytují výjev čáry interferenční. Takové pruhy rozhodují mimo to mnohem jistěji než prostá proměna intensity.

Klíny křemenové jsou tak broušeny, že jedna plocha souběží s osou optickou. Mimo to stojí osa ta kolmo na lomivé hraně klínu jednoho, kdežto u druhého s ní stejný směr zachovává.

Obr. 1.



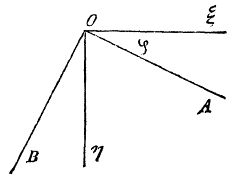
Položí-li se takové dva klíny tak na sebe, aby rovnoběžnostěn činily (obr. 1.), budou osy optické na sobě kolmo státi, a přístroj takový působiti bude jako křemenová deska, jejížto tloušťka se rovná differenci tlouštěk na sobě spočívajících. Tloušťka takové desky hypothetické v místě daném snadno bude vyjádřena linearným úkonem úsečky, od kteréhos místa klínů počítané. Nulle se bude rovnati jen tam, kde se stejné tloušťky kryjí.

Místa tlouštěk stejných jsou přímky, souběžné s hranou lomivou. Dopadne-li světlo ellipticky polarisované na klíny, promění se místy některými v světlo linearné. Místa ta se objeví býti tmavými v patřičné poloze hranolu Nikolova, anebo sbarvenými, když se světla nestejnorodého použilo.

Ve stroj upraveny nalezají se klíny v známém kompensatoru Babinetově. Určování rozdílů děje se v kompensatoru vřaďováním různých tlouštěk na místě daném v té míře, že polarisace daná se v linearnou promění. Měření samo jest měření linearné provedené citlivým šroubem mikrometrickým.

V následujících řádcích podán jest pokus o methodě, kterouž měření veličiny linearné se nahražuje měřením úhlovým.

Obr. 2.



V soustavě koordinat pravoúhlých ať osy $O\xi$ a $O\eta$ (obr. 2.) značí optické osy vrchního a dolního klínu. Podobně značí směry OA a OB hlavní osy oné elipsy, v kteréž obíhá etherový molekul na klíny dopadající.

Rychlosti, s kterýmiž rovinné vlny paprsků řádně a mimořádně lomených krystalem probíhají, označeny jsou písmenami V_o a V_e. D a d jsou tloušťky obou klínů na místě daném, φ úhel mezi optickou osou $O\xi$ a osou OA, a, b rozkmity, τ doba kmitu jednoho.

Elliptický pohyb snadno se nahradí dvěma složkami α a β řízenými dle OA a OB, kdež

$$\alpha = a \sin \frac{2\pi}{\tau} t, \quad \beta = b \cos \frac{2\pi}{\tau} t.$$

Tyto se znova rozloží dle směru $O\xi$ a $O\eta$ ve dvě jiné

$$\xi = a \sin \frac{2\pi}{\tau} t \,.\, \cos\varphi - b \cos \frac{2\pi}{\tau} t \,.\, \sin\varphi,$$

$$\eta = a \sin \frac{2\pi}{\tau} t \,.\, \sin\varphi + b \cos \frac{2\pi}{\tau} t \,.\, \cos\varphi .$$

Paprsek ξ jest ve vrchním klínu mimořádný, v dolním pak řádný, η naopak. V místech, v kterých ξ a η z krystalu vycházejí, nalezáme kolmé dva kmity

$$\xi' = \vartheta\vartheta_1 \, a \sin \frac{2\pi}{\tau}\left[t - \left(\frac{D}{v_e} + \frac{d}{v_o}\right)\right]\cos\varphi$$
$$- \vartheta\vartheta_1 \, b \cos \frac{2\pi}{\tau}\left[t - \left(\frac{D}{v_e} + \frac{d}{v_o}\right)\right]\sin\varphi$$

$$\eta' = \vartheta\vartheta_1\, a \sin\frac{2\pi}{\tau}\left[t - \left(\frac{D}{v_o} + \frac{d}{v_e}\right)\right]\sin\varphi$$
$$+ \vartheta\vartheta_1\, b \cos\frac{2\pi}{\tau}\left[t - \left(\frac{D}{v_o} + \frac{d}{v_e}\right)\right]\cos\varphi,$$

kdež ϑ a ϑ_1 značí koefficienty lomem seslabené amplitudy při vstupu a výstupu z krystalu. K vůli pohodlí znamenati se budou veličiny $a\vartheta\vartheta'$, $b\vartheta\vartheta'$ prostým a, b.

Dosazením hodnot

$$a \cos\varphi = R \cos\frac{2\pi}{\tau} s, \qquad a \sin\varphi = R_1 \cos\frac{2\pi}{\tau} s_1$$
$$b \sin\varphi = R \sin\frac{4\pi}{\tau} s, \qquad b \cos\varphi = R_1 \sin\frac{2\pi}{\tau} s_1 \qquad (0)$$
$$R = \sqrt{a^2\cos^2\varphi + b^2\sin^2\varphi} \qquad R_1 = \sqrt{a^2\sin^2\varphi + b^2\cos^2\varphi}$$

do rovnic předcházejících vyjde

$$\xi' = R \sin\frac{2\pi}{\tau}\left[t - \left(\frac{D}{v_e} + \frac{d}{v_o}\right) - s\right]$$
$$\eta' = R_1 \sin\frac{2\pi}{\tau}\left[t - \left(\frac{D}{v_o} + \frac{d}{v_e}\right) + s_1\right].$$

Položí-li se $t' = t - \left(\frac{D}{v_e} + \frac{d}{v_o}\right)$ a $(D - d)\left(\frac{1}{v_e} - \frac{1}{v_o}\right) = r$, nalezne se konečně

$$\xi' = R . \sin\frac{2\pi}{\tau}(t' - s) \qquad (1)$$
$$\eta' = R_1 \sin\frac{2\pi}{\tau}(t' + r + s_1).$$

Vymýtí-li se z posledních dvou rovnic čas t', vyjde rovnice ellipsy. Protož zůstává elliptické světlo i po svém průchodu elliptickým, má však jinou výstřednost a jinou polohu os.

Pozoruje-li se Nikolem světlo klíny prošlé, naskytnou se tmavé pruhy pouze v oněch místech, ve kterých ellipsa původní přešla v přímku. A to se stane v místech, ve kterých platí relace

$$r + s + s_1 = n\frac{\tau}{2}, \qquad (2)$$

kdež n kladné anebo záporné číslo celé znamená.*)

---

*) *Poznámka.* Připojeno zde budiž odůvodnění analytické. Odchyluje-li se hlavní řez analyseurův od osy $O\xi$ o úhel ψ, propustí ze světla naň

Z rovnice poslední plyne relace

$$\sin(s+s_1)\frac{2\pi}{\tau} = \sin\left(n\pi - \frac{2\pi}{\tau} r\right)$$

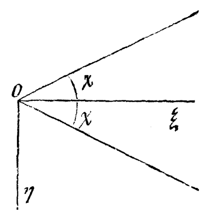
a dosazením hodnot za s a s_1 z rovnic ... (0) nová relace:

$$\frac{ba}{RR_1} = \sin\frac{2\pi}{\tau}(D-d)\left(\frac{1}{v_e}-\frac{1}{v_o}\right)(-1)^{n+1} \qquad (3)$$

Úhel, který kmity tohoto linearného světla se směrem $O\xi$ svírají, budiž jmenován χ. (Obr. 3.) Nalezne se z rovnic (1):

$$tg\,\chi = \frac{\eta'}{\xi'} = (-1)^n . \frac{R_1}{R}. \qquad (4)$$

Obr. 3.



Počítají-li se azimuty od osy $O\xi$ k ose $O\eta$ kladnými, shledá se azimut $\chi = \pm\, arctg\,\frac{R_1}{R}$, kdež horní znaménko sudým, dolní lichým n přináleží. Uvedením analyseuru do polohy, ve které hlavní jeho řez na směru $O\chi$ kolmo stojí, zničí se světlo téhož azimutu, kdežto světlo jiné se jen seslabí. Něco podobného platí, když hlavní řez na azimutu $-\chi$ kolmo stojí. Proto povstanou tmavé pruhy interferenční na místech určených rov. (3).

Arciť třeba napřed znáti povahu polarisace. Tato se nalezne z vlastností výjevu samého.

---

dopadajícího podíl $\xi' \cos\psi + \eta' \sin\psi$, jehož intensita J po známé transformaci rovnou se shledá

$$J = R^2\cos^2\psi + R_1{}^2\sin^2\psi + 2RR_1\cos\psi\sin\psi\cos(r+s+s_1)\frac{2\pi}{\tau}.$$

Poloha analyseurova, ve které J nulle se rovná, plyne z této rovnice řešením dle $tg\,\psi$, kdež

$$tg\,\psi = -\frac{R}{R_1}\left[\cos\frac{2\pi}{\tau}(r+s+s_1) \pm \sqrt{\cos^2(r+s+s_1)\frac{2\pi}{\tau} - 1}\right].$$

Z posledního vzorce viděti, že zajisté podmínka $\cos^2(r+s+s_1)\frac{2\pi}{\tau} = 1$ splněna býti musí, nemá-li se $tg\,\psi$ státi veličinou pomyslnou.

Úprava pokusu budiž taková, jakou nalezáme na Nörrembergově stroji polarisačním, kdež Nikol kruhovým dělením opatřený změřiti dovoluje vytočení z polohy, kterou zaujímal.

Jde o to, abychom vyšetřili polohy os klínových, ku kterýmž vztahujeme polohu ellipsy. Poloha ta nalezne se snadno, když Nikol o tolik se vytočí, až i poslední stopa pruhů zmizí. Hlavní řez Nikolu takto situovaného vyznačuje směr jedné osy klínové. Neboť zaujímá-li hlavní řez Nikolu polohu $O\xi$ a $O\eta$, leží uprostřed směrů $+\chi$ a $-\chi$. Linearné světlo těchto azimutů se promítá stejnou intensitou do hlavního řezu a odtud ona místa, ve kterých se pruhy differenciálním osvětlením jeviti měly, stejně silně osvětlena budou. Nikol budiž pak na pravo neb na levo z polohy této tak dalece vytočen, až se pruhy nejčistěji, nejsilněji a nejurčitěji objeví.

Odchylka Nikolu ať se na dělení kruhovém změří. Jest to úhel χ. Z rovnice (4) vychází relace

$$tg\,\chi = \frac{R_1}{R} = \sqrt{\frac{a^2 sin^2\varphi + b^2 cos^2\varphi}{a^2 cos^2\varphi + b^2 sin^2\varphi}} = \sqrt{\frac{1 - \varepsilon^2 cos^2\varphi}{1 - \varepsilon^2 sin^2\varphi}}, \qquad (5)$$

kdež ε značí výstřednost numerickou.

Nyní se klíny o úhel $\triangle\varphi$ vytočí. Tento úhel jakož i nové k němu náležející úhly $+\chi$ a $-\chi$ po daném návodu se změří. Tím nastane druhá relace

$$tg(\chi + \triangle\chi) = \sqrt{\frac{1 - \varepsilon^2 cos^2(\varphi + \triangle\varphi)}{1 - \varepsilon^2 sin^2(\varphi + \triangle\varphi)}}. \qquad (6)$$

Z rovnic (5) a (6) snadno se vyšetří neznámé veličiny ε a φ, t. j. výstřednost a poloha hlavních os světla polarisovaného vzhledem k známé (první) poloze klínů.

Ostatně dá se poloha hlavních os mnohem snáze nalézti způsobem empirickým. Otočíme-li — snad nahodile — klíny tak, že $\varphi = 45^0$, vyjde z rovnice (5)

$$tg\,\chi = \pm 1 = tg \pm 45^0.$$

V tom leží pravidlo pro empirické nalezení poloh axialných.

Točme klíny tak, aby se úhel χ buď zvětšováním neb zmenšováním blížil 45 stupňům a ustaňme, až poloha tato nalezena.

Hlavní řezy Nikolu v polohách, ve kterých se pruhy nejčistěji jeví, udávají zároveň osy ellipsy. Která velkou a která malou jest, snadno se již Nikolem samým rozezná dle minima neb maxima intensity.

(Dokončení.)