Bartoloměj Navrátil

Příspěvek k interferenci světla v deskách tlustých

Časopis pro pěstování mathematiky a fysiky, Vol. 30 (1901), No. 4, 293--306

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/121022

Příloha k Časopisu pro pěstování mathematiky a fysiky.

Příspěvek k interferenci světla v deskách tlustých.

Napsal

B. Navrátil,

ředitel vyšší reálné školy v Prostějově.

Úkazy interference tuto popsané nejsou neznámy; bylyť původně pozorovány již Newtonem na tlustém skleněném zrcadle dutém, jehož konvexní strana byla rtuťovým amalgamem potažena.*) Později podobné zkoušky též od jiných fysiků s různými obměnami byly opakovány, jak dále ještě uvedeme. Zdá se však, jakoby vše to bylo upadlo v zapomenutí; nenalézámť o nich v učebnicích fysiky a optiky, byť jinak dosti obsáhlých, pravidlem ani zmínky přes to, že zjevy tyto vynikají zvlášť ve světle slunečním stkvělostí překvapující a nežádají k demonstraci žádných zvláštních přístrojů, ba za jistých podmínek mimo obyčejné skleněné zrcadlo rovinné vůbec žádných přístrojů dalších. Z té příčiny nebude snad zbytečno, popíšu-li je na základě pokusů vlastních.

Ku snadnému znázornění těchto interferenčních zjevů jest potřebí intensivního zdroje světelného. Nejčastěji užíváno bylo obloukové lampy, uzavřené ve čtverhranné neprůhledné skříni, do jejíž jedné stěny jest vřezán kruhový otvor průměru asi 10 *cm*, opatřený mosazným pouzdrem na umístění čoček, jimiž světlo lze učiniti dle potřeby buď rovnoběžným nebo rozbíhavým. Místnost, v níž pokusy konány, byla obyčejně zatemněna; mnohdy však stačí i jen pouhé zastínění, ba za jistých okolností lze se obejíti i beze všeho zastínění. V obr. 1.—5. k textu dále při-

*) Viz „Sir Isaac Newtons Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichtes“ v „Ostwald, Klassiker d. exakten Wissenschaften, Nr. 96, 97“.

pojených značí L bod, ze kterého paprsky světelné buď skutečně vybíhají, nebo jen divergují (ohnisko čočky spojovací), anebo v němž alespoň prodloužené jich směry se protínají, jako na př. když elektrický oblouk lampy umístíme mezi ohniskem a čočkou. Nazveme jej bodem radiačním. MN (obr. 1.) značiž skleněné zrcadlo, jež musí býti dosti rovinné, aby nedávalo obrazy znetvořené; zrcadlo starší, na povrchu trochu zašlé, koná lepší služby než zrcadlo nové, dokonale leštěné.

Zrcadlo to postavme svisno ve vhodné vzdálenosti od radiačního bodu L. Při tloušťce zrcadla, již označovati buďeme *a*, rovné asi 1·5 *mm*, učiňme pro první orientaci vzdálenost tu LF $=$ *d* asi 4—5 *m*. Vrhneme-li pak z L otvorem skříně kolmo na MN trs paprsků buď rovnoběžných nebo mírně rozbíhavých tak, aby se světlo odráželo zpět ku svému východišti, t. j. k otvoru skříně, otvor ten souměrně obklopujíc, spatříme, pozorujíce desku z bodu O ležícího těsně u L nebo vůbec u LF, v osvětlené části zrcadla velmi krásné, široké, barevné pruhy interferenční, jež mají směr svisný, když oko se nalézá v téže rovině horizontální se světlem dopadajícím, horizontální, když oko jest pod nebo nad trsem světla dopadajícího, a šikmý, když jest v poloze jiné. Pruhy ty jsou zároveň, když O jest blíže zrcadla než L, směrem k oku O zakřiveny, tak že se zdá, vedeme-li oko okolo trsu dopadajícího, jakoby všecky ty oblouky byly částmi mohutných kruhů. Vzdaluje-li se oko od LF, zachovávajíc stejnou vzdálenost od zrcadla, zvětšuje se počet interferenčních proužků v osvětlené ploše zrcadla, zároveň se úží čím dále tím více, až úplně mizejí.

Totéž pozorujeme za okolností jinak nezměněných, když otáčíme zrcadlem okolo osy svisné, zvětšujíce úhel dopadu α, jenž však vždy musí býti velmi malý, ač má-li interference nastati. Rovněž úží se interferenční pasy a zároveň zvětšuje se viditelná část jich oblouku, když se oko neb radiační bod k zrcadlu blíží, jakož i když přibývá tloušťky zrcadla. Mimo to jest šířka jich též závislá na délce vlny světelné. Vhodnou volbou všech podmiňujících elementů lze snadno docíliti, že interferenční pasy nabudou šířky neobyčejné, na př. 10 *cm* i větší. Zajímavo jest též, že když pozorujeme oběma očima, rozeznáváme někdy, má-li přímka oči spojující směr šikmý, dvě soustavy pasů, z nichž každá přináleží oku jednomu.

Ve světle homogenním se barevné proužky promění ve proužky střídavě světlé a temné, jak u zjevů interferenčních vůbec.

Takto zkoušena byla četná zrcadla skleněná, jak se právě nahodila; ve všech pozorovány interferenční pasy, ač ne vždy stejně stkvělé, mimo zrcadla s povrchem hrubým, nedosti rovinným.

Místo zrcadel lze též užiti pouhých desk skleněných bez zrcadlícího povlaku. Zjev se podstatou nemění, jest však méně zářivý. V desce ze skla zrcadlového 4·8 *mm* tlusté byl velmi krásně viditelný. Tlustších a zároveň dostatečně rovných desk nemohl jsem si opatřiti.

Zmínky též zasluhuje, že tvar otvoru, jímž světlo z lampy vychází, (je-li na př. otvor okrouhlý, nebo má-li podobu štěrbiny a pod.) nemá žádného vlivu ani na tvar ani na polohu interferenčních pasů.

Že úkaz ten spočívá na křížení světla na stěnách desky odraženého a v ní lomeného, jest na první pohled patrno. Dosvědčuje to však též přímo zkušenost,

1. že na černém skleněném zrcadle interferenční pasy nepovstávají, a

2. že jich rovněž vyvoditi nelze na zrcadle skleněném, opatřeném hladkým kovovým povlakem, když odráží světlo hladký kovový povlak, kdežto s překvapující stkvělostí se objevují, když ku zdroji světelnému obrátíme skelnou stranu téhož zrcadla. *)

Aby se zjistilo, jaký vliv na změnu fase má po případě odraz světla od kovového povlaku, vytvořeny též interferenční pasy v desce skleněné (1·4 *mm* tlusté), z polovice rtuťovým amalgamem povlečené a z polovice průhledné. Shledáno při tom, že temné pasy v zrcadlící polovici jsou přesně pokračováním temných pasů v polovici průhledné; z čehož usouditi lze, že kovový povlak pro podstatu zjevu jest indifferentní.

---

*) Užíváno průhledných zrcadel (patent Rost) koupených u A. Procházky ve Vídni.

Úkaz tento a jiné drobnější zjevy, jež tuto pomíjíme, již tomu nasvědčují, že příčina těchto interferenčních pasů není táž, jako na tenkých vrstvách (blanách) a na skle Newtonově. Důkazem toho velmi přesvědčivým jest, že oko pozoruje tyto pasy nejen, když se nalézá v oblasti světla pravidelně od desky odraženého, nýbrž i mimo ni, na př. v O (obr. 2.). Totéž dosvědčuje i ta okolnost, že lze zrcadlo (nejlépe jen z polovice k vůli přímému srovnávání) slabo zakaliti, na př. drobným prachem, jaký se během doby na předmětech neužívaných usázívá, nebo mlékem vodou rozředěným a pod., aniž jasnost interferenčních proužků ujmy utrpí; proužky slábnou teprv při značném zakalení mlékem nerozředěným.

Příčinu úkazu dlužno tedy patrně hledati v interferenci paprsků nepravidelně odražených a lomených, diffusních, roztříštěných na zrcadle nedokonale hladkém. Podstatou jest to tudíž týž zjev, jejž pozoroval Newton na stinítku postaveném ve středu křivosti dutého zrcadla skleněného, zevně amalgamovaného, o poloměru 5′ 11″, když na ně dal dopadnouti trs světelných paprsků malým otvorem onoho stinítka v ose zrcadla ležícím. Praví ť v té příčině:*) „Není ani skla ani zrcadla, jež by, ať jest broušeno sebe pečlivěji, nevysílalo, mimo světlo pravidelně lomené a odražené, na všecky strany ještě slabé světlo roztříštěné, jež v každé poloze oka viditelnou činí leštěnou jeho plochu, když v temnější světnici slunečním paprskem jest osvětlena. Toto roztříštěné světlo způsobuje jisté zjevy, jež se mi při prvním pozorování zdály býti velmi podivny, a překvapující . . .“ Pak popisuje Newton pokus s dutým zrcadlem o poloměru 5′ 11″, o němž právě zmínka byla učiněna, a hledí zjev pozorovaný vysvětliti známými náladami (v něm. překladu: Anwandlungen) paprsků světelných, dle nichž paprsek při jisté náladě (snad dle polohy světelných částic v něm) se odráží, v jiné náladě do nového ústředí vniká.

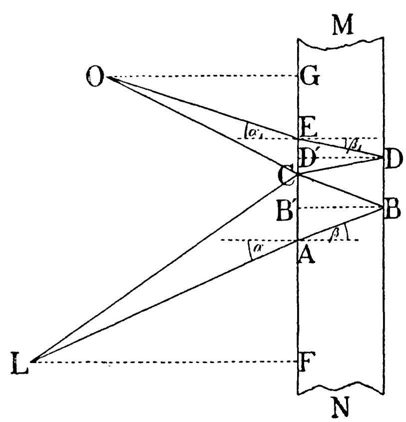
Dle theorie undulační poprvé úkaz ten vysvětlil Dr. Young interferencí dvou světelných trsů, z nichž prvý se tříští na přední stěně zrcadla a pak pravidelně se odráží a láme, kdežto druhý pravidelně se láme a odráží a pak teprv, vycházeje ze

---

*) Dle cit. díla: Sir J. Newtons Optik, II. Buch, IV. Theil, p. 68.

skla, se tříští. Podrobně vypracoval theorii jeho sir John Herschel pro případ, že oba povrchy zrcadel náležejí koncentrickým koulím, v jichž společném středu jest stinítko s dírkou.

Později pozoroval Dr. Whewell řadu barevných pasů v zrcadle rovinném přímo okem bez stinítka, když držel svíčku blízko oka ve vzdálenosti několika stop od zrcadla tak, aby obraz svíčky v zrcadle byl viditelný, při čemž zrcadlo bylo zakaleno. Všeobecnou theorii těchto zjevů podal Stokes; v ní pokusy Newtonovy a Whewellovy zahrnuty jsou jakožto případy zvláštní. Též ukázal Newtonovy kroužky, když plamen svíčky neb olejové lampy s malým knotem postavil tak před zrcadlo duté, zakalené mlékem rozředěným vodou v poměru 1 : 3, aby obraz splynul s předmětem; obrácený obraz svíčky byl pak obklopen krásnými kruhy. Výsledek, k němuž Stokes dospěl, uvedeme později. *)



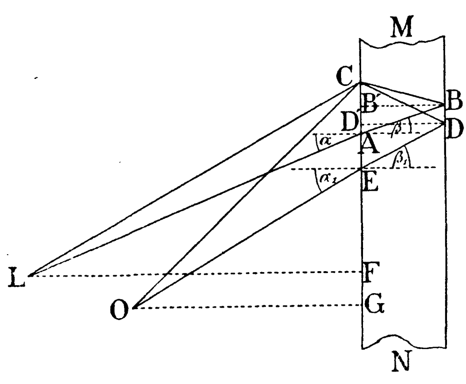
Obr. 1.

*) Stručné tyto črty historické, obsažené v posledních dvou odstavcích, jsou vyňaty z Phil. Mag. 1851 (July-December) z článku: On the Colours of Thick Plates, by G. G. Stokes, který jest výtahem z obšírnějšího snad pojednání, uveřejněného asi v Proceedings of the Cambridge phil. society v květnu 1851. Jinde se citují z téže doby „Transactions" téže učené společnosti. Nebylo mi možno, zjednati si ani ty ani ony. Nahoře uvedené Proceedings nalézají se jenom v univ. knihovně Vídeňské, avšak teprv od r. 1866; o Transactions není v Grassauerově Generalkatalogu zmínky.

Lze tedy vznik těchto interferenčních proužků v deskách tlustých vysvětliti takto:

Z L (obr. 1.) dopadá paprsek světelný na skleněnou desku MN v bodě A, kdež jedna část jeho se tříští, druhá pravidelně se odráží a třetí pravidelně se láme. Část posléze jmenovaná dospěje bodu B, kdež, sledujeme-li v dalším výkladu jen tu část, jež k vytvoření interferenčních proužků přispívá, pravidelně se odráží do C, odkudž část světla roztříštěním vzniklá jde na př. směrem CO do oka O.

Jiný paprsek z L vycházející padá na desku v bodě C, kdež roztříštěná část, neřídící se zákonem pravidelného lomu, vniká do desky směrem CD, odkudž po pravidelném odraze přichází do E a po pravidelném lomu do O. Poněvadž přijímáme, že tříštění světla u obou paprsků v O se stýkajících děje se v témž bodě C, mohou dle Stokesa oba paprsky interferovati; dlužno však zároveň ještě vyhověti další podmínce, aby úhel u O byl dosti malý. Světelný stav v O jest pak podmíněn rozdílem drah obou interferujících paprsků.



Obr. 2.

Obr. 2. znázorňuje dráhy obou paprsků, když oko O se nalézá na druhé straně LF, kam paprsky světelné pravidelným lomem a odrazem dospěti nemohou. Poznačení jest v obou obrazcích souhlasné.

Rozdíl drah obou paprsků určíme napřed na př. pro případ znázorněný v obr. 1. Budiž tloušťka desk $BB' = a$, vzdálenost radiačního bodu $LF = d$, vzdálenost oka $OG = d_1$, $AF = \varepsilon$, $CG = \zeta$, $CF = \varepsilon_1$, $EG = \zeta_1$. Pak jest

$$LA = d\sqrt{1 + \frac{\varepsilon^2}{d^2}}$$

čili, poněvadž $\frac{\varepsilon}{d}$ jest veličina velmi malá,

$$LA = d\left(1 + \frac{\varepsilon^2}{2d^2}\right).$$

Dále jest

$$AB = BC = a\sqrt{1 + \frac{AB'^2}{a^2}}.$$

Poněvadž úhel dopadu α a tedy též příslušný úhel lomu β jest velmi malý, můžeme položiti, značí-li ν index lomu,

$$\frac{AB'}{a} = \sin\beta = \frac{\sin\alpha}{\nu} = \frac{\varepsilon}{d\nu},$$

tak že

$$AB = BC = a\left(1 + \frac{\varepsilon^2}{2d^2\nu^2}\right).$$

Podobně jest

$$CO = d_1\left(1 + \frac{\zeta^2}{2d_1^2}\right).$$

Uvážíme-li, že světlo koná dráhu $AB + BC$ ve skle, že ji tudíž dlužno násobiti indexem lomu, abychom obdrželi její aequivalentní hodnotu pro vzduch, nalezneme pro úplnou dráhu paprsku prvního

$$LABCO = d\left(1 + \frac{\varepsilon^3}{2d^2}\right) + 2a\nu\left(1 + \frac{\varepsilon^2}{2d^2\nu^2}\right) + d_1\left(1 + \frac{\zeta^2}{2d_1^2}\right).$$

Podobně najdeme pro paprsek druhý

$$LCDEO = d_1\left(1 + \frac{\zeta_1^2}{2d_1^2}\right) + 2a\nu\left(1 + \frac{\zeta_1^2}{2d_1^2\nu^2}\right) + d\left(1 + \frac{\varepsilon_1^2}{2d^2}\right).$$

Z toho rozdíl drah

$$\Delta = \frac{\varepsilon^2 - \varepsilon_1^2}{2d} + \frac{\zeta^2 - \zeta_1^2}{2d_1} + \frac{a}{v}\left(\frac{\varepsilon^2}{d^2} - \frac{\varepsilon_1^2}{d_1^2}\right)$$

čili stručněji, poněvadž $\varepsilon - \varepsilon_1$ a $\zeta - \zeta_1$ jsou u přirovnání k d a d_1 veličiny velmi malé,

$$\Delta = \frac{a}{v}\left(\frac{\varepsilon^2}{d^2} - \frac{\zeta_1^2}{d_1^2}\right). \tag{1}$$

Bude tedy ve světle homogenním v O světlo, když

$$\frac{a}{v}\left(\frac{\varepsilon^2}{d^2} - \frac{\zeta_1^2}{d_1^2}\right) = 2n\frac{\lambda}{2} \tag{2}$$

a temno, když

$$\frac{a}{v}\left(\frac{\varepsilon^2}{d^2} - \frac{\zeta_1^2}{d_1^2}\right) = (2n+1)\frac{\lambda}{2}, \tag{3}$$

značí-li λ délku světelné vlny.

Pro správné porozumění významu veličin ε a ζ_1 uvažme toto:

Jak podotčeno bylo, nesmí úhel α překročiti jisté meze, má-li interference nastati. Přímé měření ukázalo, že pro $d = 520$ *cm*, když bylo oko O co nejblíže u L, interferenční pasy v zrcadle 1·31 *mm* tlustém zmizely při $\alpha = 4^0 13'$, ve skleněné desce zrcadlové 4·8 *mm* tlusté za okolností docela totožných již při $\alpha = 2^0 22'$. Z toho plyne, že veškery body mezi A a E (obr. 1.) a C a E (obr. 2.) leží tak blízko u sebe, že můžeme $\varepsilon =$ AF považovati za odlehlost interferenčního proužku A od F a $\zeta_1 =$ EG za odlehlost téhož proužku od G (obr. 4. a 5., ač ani zde relativné poměry skutečnosti měřítkem nejsou vystiženy).

Zvláštní zmínky zasluhuje případ, že rozdíl drah jest roven nulle. Pak dle rovn. (1)

$$\varepsilon : \zeta_1 = d : d_1$$

čili dle toho, což právě bylo řečeno (obr. 3.; srv. též 4. a 5.),

$$\mathrm{AF} : \mathrm{AG} = \mathrm{LF} : \mathrm{OG},$$

t. j. pro každý bod zrcadla, vyhovující podmínce, aby při nezměněné poloze oka a bodu radiačního poměr odlehlostí jeho od bodů F a G měl konstantní hodnotu LF : OG, jest rozdíl drah a tudíž i rozdíl měny roven nulle, a v bodě tom jest jasnost maximální. Není nesnadno tento bod nalézti.

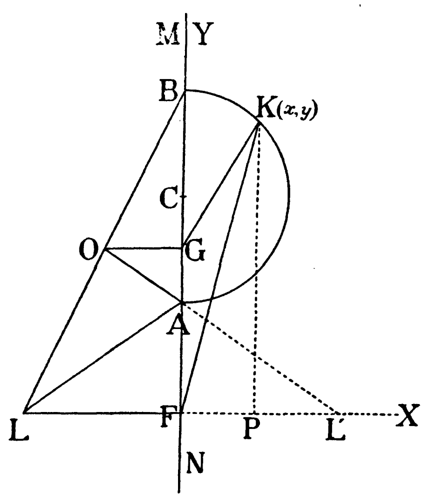
Budiž L′ obrazem (virtualným) bodu L v zrcadle MN (obr. 3.), a veďme OL′, jež protíná zrcadlo v bodě A; pak jest A hledaným bodem. Nebo z podobnosti trojúhelníků AGO a AFL′ plyne

$$AF : AG = FL' : OG = LF : OG.$$

Téže podmínce vyhovuje však též bod B, jejž obdržíme, prodloužíme-li spojnici bodů L a O, až protne rovinu zrcadla. Plyne totiž z podobnosti trojúhelníků LFB a OGB samo sebou

$$BF : BG = LF : OG.$$

Všeobecně pak lze snadno ukázati, že geometrické místo všech bodů, pro něž poměr vzdáleností jejich od dvou pevných bodů jest veličinou stálou, jest kruh.



Obr. 3.

V obr. 3. ať jest F počátkem souřadnic, rovina XFY rovinou zrcadla (zde již do roviny nákresné sklopenou), FG $= b$ a K (x, y) bodem, pro nějž platí

$$\frac{\mathrm{KF}}{\mathrm{KG}} = \frac{\mathrm{LF}}{\mathrm{OG}} = k,$$

kdež k jest veličinou stálou. Z relace té dle obr. 3. snadno nalezneme, že

$$x^2 + \left(y + \frac{bk^2}{1 - k^2}\right)^2 = \frac{b^2k^2}{(1 - k^2)^2},$$

což jest, jak patrno, rovnice kruhu, jehož souřadnice středu ξ a η a poloměr r určují rovnice

$$\xi = 0,\ \eta = -\frac{bk^2}{1 - k^2},\ r = \frac{-bk}{1 - k^2}.$$

Kruh AKB representuje tedy ony body zrcadla, v nichž pro danou polohu oka a zdroje světelného se jeví jasnost maximální. Ostatní interferenční pasy pak dílem objímají tento kruh nullový, dílem jsou jím obemknuty. Co do konstrukce, jest z obr. 3. o sobě zřejmo, že AB jest jeho průměr, jehož rozpůlením obdržíme střed C.

S tím souhlasí, co nalezl Stokes, jenž dí: „Spoj oko se světelným bodem i s jeho obrazem, ať realným nebo virtualným, a vyhledej body, v nichž spojnice, prodloužené když potřebí, protínají zrcadlo. Opiš kruh, jehož průměrem jest přímka spojující tyto dva body. Kruh tento bude střední čarou světlého bezbarvého pasu řádu nullového a na každé jeho straně budou barvy seřaděny v sestupném pořádku“.*)

Jsou-li paprsky světelné na desku dopadající rovnoběžny, vrháme-li na př. na desku světlo sluneční heliostatem bez interposice čočky, jest $d = k = \infty$, tudíž

$$\xi = 0,\ \eta = b,\ r = 0,$$

t. j. v tomto případě kruh s nullovým rozdílem fase přejde v bod splývající s G. Umístíme-li pak oko co nejblíže u LF, aniž ovšem světlo hlavou zacloníme, spatříme v zrcadle světlou bílou skvrnu tvaru asi půlkruhového, s okraji namodrale černavými, obemknutou zářivými kruhy barevnými.

*) Phil. Mag. 1851. l. c.

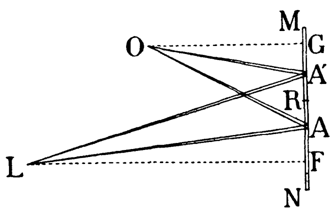
V případě, že radiační bod (zde nejlépe ohnisko čočky) i oko jsou stejně vzdáleny od zrcadla, jest $k = 1$ a

$$\xi = 0, \; \eta = r = \infty,$$

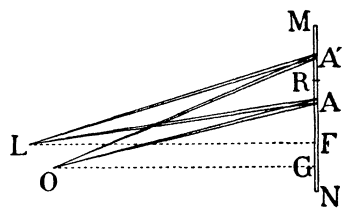
t. j. kruh nullový a zároveň i ostatní proužky interferenční promění se v přímky kolmé k FG.

Všeobecně pak plyne z výrazů pro η a r, že měníme-li k, mění se též směr zakřivení interferenčních pasů, když k prochází hodnotou $= 1$; t. j. jsou-li pasy zakřiveny v podobě C, když oko jest blíže zrcadla než bod radiační, zakřiví se naopak, jakmile se oko pošine směrem od zrcadla za radiační bod L.

Zbývá ještě určiti šířku interferenčních pasů, při čemž se obmezíme na šířku jich podél přímky FG.



Obr. 4.



Obr. 5.

Rovnice (3) udává podmínku pro pasy temné, na př. pro pás A (obr. 4. a 5.). Pro sousední pás temný při konstantním d a d_1 nabudou veličiny ε a ζ_1 hodnot jiných, na př. ε' a ζ_1'. Bude tedy tento pás určen rovnicí

$$\frac{a}{v}\left(\frac{\varepsilon'^2}{d^2} - \frac{\zeta_1'^2}{d_1^2}\right) = (2n+3)\frac{\lambda}{2}. \tag{4}$$

Odečtením rovnic (3) a (4) obdržíme

$$\frac{(\varepsilon' - \varepsilon)(\varepsilon' + \varepsilon)}{d^2} + \frac{(\zeta_1 - \zeta_1')(\zeta_1 + \zeta_1')}{d_1^2} = \frac{v}{a}\lambda.$$

Poznačíme-li δ odlehlost dvou sousedních temných pasů, jest zajisté (obr. 4.)

$$\varepsilon' - \varepsilon = \text{A}'\text{F} - \text{AF} = \delta$$
$$\zeta_1 - \zeta_1' = \text{AG} - \text{A}'\text{G} = \delta.$$

Leží-li bod R uprostřed mezi A a A′, jest dále

$$\frac{\varepsilon + \varepsilon'}{2} = \text{FR}$$

$$\frac{\zeta_1 + \zeta_1'}{2} = \text{GR},$$

tak že

$$\delta = \frac{\nu\lambda}{2a\left(\frac{\text{GR}}{d_1^2} + \frac{\text{FR}}{d^2}\right)}. \tag{5}$$

Podobně nalezneme pro polohu oka naznačenou v obr. 2. a 5.

$$\delta = \frac{\nu\lambda}{2a\left(\frac{\text{GR}}{d_1^2} - \frac{\text{FR}}{d^2}\right)}, \tag{5'}$$

kterýžto vzorec patrně plyne z rov. (5), učiníme-li v ní veličinu FR zápornou.

Rovnice (5) a (5′) karakterisují šířku interferenčních pasů pro libovolnou polohu radiačního bodu L a oka O. Vytkněme opět některé zvláštní případy.

Pro světlo rovnoběžné jest $d = \infty$, a z rovnic (5) a (5′) plyne, píšeme-li d místo d_1,

$$\delta = \frac{\nu\lambda \,.\, d^2}{2a \,.\, \text{GR}}, \tag{6}$$

kterýžto vzorec ostatně též platí, když d, nejsouc přímo nekonečné, u přirovnání k FR jest dosti veliké, obnáší-li na př. několik metrů.

Nalézá-li se oko v téže vzdálenosti od desky jako bod radiační, jest $d = d_1$ a

$$\delta = \frac{\nu\lambda \,.\, d^2}{2a \,.\, \text{FG}} = \frac{\nu\lambda \,.\, d^2}{2ab}. \tag{7}$$

Rovnice (5) — (7) dobře souhlasí se skutečností. Měníme-li polohu oka v rovině horizontální, procházející trsem paprsků dopadajících, nechávajíce celé ostatní zařízení bez proměny, můžeme četné případy v bezprostředním sledu pozorovati. Vycházejíce na př. z polohy naznačené v obr. 2. a 5., uvidíme napřed, přiblíživše se dostatečně k LF, četné jemné proužky; pak se jich šířka rychle zvětšuje, čím blíže k LF přicházíme, při čemž se řídí distance interferenčních pasů rovnicí (5'), po případě (6) nebo (7). Dospějeme-li co nejblíže k LF, nabudou pasy šířky maximální; při $a = 1{\cdot}3\,mm$ a $d = 520\,cm$ asi $10\,cm$, jak již dříve bylo podotčeno. Překročíme-li na druhou stranu trsu světelného, tak že oko přešlo do polohy naznačené na obr. 1 a 4., kdež tedy zjev se řídí rovnicemi (5), (6) nebo (7), ubývá znenáhla šířky pasů. Dospělo-li oko do oblasti paprsků pravidelně odražených, vidí tytéž pasy stále se úžící a v nich zároveň lesklý obraz bodu L, aniž se jím ostatně interferenční pasy pozmění tvarem nebo polohou. Při dalším postupu oka se těsní pasy víc a více, až konečně splynou a mizejí.

Ve světle slunečním heliostatem do temné místnosti bez interposice čočky vrženým zářil interferenční zjev barvitostí zrovna nádhernou. Nejkrásněji se jevil ve starém zrcadle postříbřeném $1{\cdot}31\,mm$ tlustém. Avšak i bez heliostatu lze pasy ty pozorovati a to i v místnosti nezatemněné, v plném jasu denního světla, když do místnosti padají přímé paprsky sluneční. Zachytneme-li je zrcadlem tak postaveným, aby po pravidelném odraze postupovaly směrem přesně protivným neb alespoň od tohoto směru jen málo odchýleným, zpozorujeme v zrcadle prostým okem beze všech dalších pomůcek stkvělé interferenční pasy, nalézá-li se oko trsu světla dopadajícího co nejblíže a v přiměřené vzdálenosti od zrcadla.

Ve světle argandského hořáku pozorovány byly sotva stopy interferenčních proužků.

Jest též možno interferenční tyto proužky znázorniti objektivně, na př. na listě bílého papíru, čočkou, již postavíme na místo oka tak, jakobychom vytvořiti chtěli skutečný obraz zrcadla. Uvidíme pak ve světle bílém na papíře barevné interferenční půlkruhy, jež však stkvělostí ani zdaleka se nevyrovnají pasům pozorovaným subjektivně.

Na konec budiž mi dovolena poznámka, že by snad také bylo možno, využitkovati úkazu tohoto při praktickém vyučování na škole střední jakožto nápadné ukázky interference světla v rozměrech velkých, alespoň co do stránky povšechné, třeba bez věcného vysvětlení, k doplnění pravidelného ač velmi drobounkého zjevu na skle Newtonově, k čemuž se snadností demonstrace ještě zvlášť doporučuje.

Úlohy.

Úloha 36.

$$\frac{a}{\sqrt{x^2-a^2}}+\frac{b}{\sqrt{x^2-b^2}}+\frac{c}{\sqrt{x^2-c^2}}=\frac{abc}{\sqrt{(x^2-a^2)(x^2-b^2)(x^2-c^2)}}.$$

Řed. *A. Strnad.*

Úloha 37.

Ustanoviti jest dvě čísla, jichž největší společná míra jest 360 a nejmenší společný násobek 32400.

Řed. *A. Strnad.*

Úloha 38.

V zahradě vysázena řada stromků, z nichž jeden od druhého 5 m vzdálen. V prodloužení této řady stojí nádržka vodní. Zahradník zalévaje stromky a chodě po zalití každého stromku zase k nádržce zpět, ušel těmito cestami po zalití všech stromků, vrátiv se od posledního též zpět k nádržce, celkem 13750 m. Víme-li, že od posledního stromku k nádržce jest 260 m, jest vypočítati: kolik stromů jest v řadě a v jaké vzdálenosti jest první stromek od nádržky.

Stud. techn. *Vlad. Ibl.*

Úloha 39.

V trojúhelníku abc vésti jest příčky

$$a_1a_2 \parallel cb,\ b_1b_2 \parallel ac,\ c_1c_2 \parallel ba$$

tak, aby šestiúhelník $a_1a_2b_1b_2c_1c_2$ *byl rovnostranný. Jsou-li* a, b, c *strany trojúhelníka,* x *strana šestiúhelníka, jest dokázati, že*