

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Čeněk Dvořák

Nový způsob, jímž lze poznati optickou nestejnost průhledných předmětů

*Časopis pro pěstování matematiky a fysiky*, Vol. 9 (1880), No. 1, 23--31

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123991>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1880

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

## Nový způsob, jímž lze poznati optickou nestejnou průhledných předmětů.

Napsal

prof. dr. **Čeněk Dvořák** v Záhřebě.

Optická nestejnost znamená zde nestejnost lomitele čili indexu lomu na rozličných místech průhledného předmětu. Dáme-li kus čistého bílého skla do čisté bezbarevné tekutiny, která má téhož lomitele pro všechny barvy světla, nemůžeme sklo nikterak v tekutině spozorovati. Sklo i tekutina jsou v tomto případě předměty opticky identické. Ale ve skutečnosti bylo by velmi těžké, snad i docela nemožné, najíti tekutinu, která by měla téhož lomitele pro všechny barvy, jako sklo.\*) Hrubě se arcí dá pokus vyvésti. Kus skla (na př. trubka od teploměru) se vidí ve vodě docela dobře. V terpetinovém oleji se nevidí již tak zřetelně, a přidáme-li poznenáhla pozorně sirouhlíku, ztratí se sklo skoro do čista v té kapalině, obzvláště, když se díváme skrz kapalinu na stejně osvětlené bílé pozadí. Ale podaří-li se nám pokus ten dobře, je toho příčina jen příliš malá citlivost našeho oka. Oko ku příkladu nevidí nezapálený svítilný plyn (Leuchtgas), když ho pustíme otvorem, ačkoliv má plyn jiného lomitele nežli vzduch. Pro takové případy se používá známého způsobu *Toeplerova*.\*\*) Ačkoliv metoda ta dává krásné výsledky, přece je spojena s všelikým nepohodlím. Nehledě k tomu, že je stroj *Toepler-ův* složitý i drahocenný, má 1) zorné pole příliš malé; (průměr pole aparátu *Toeplerova* byl jen = 11,5 cm.) 2) jelikož se pozorují zjevy dalekohledem, může vždy jen jednotlivce zjev viděti.

\*) Při immersí drobnohledů již se dlouho pomýšlelo na to, jak by se nahradila voda kapalinou, která by měla téhož lomitele jako sklo. *Abbe* vyšetřoval k tomu cíli přes 200 kapalin, ale ani jedna nevyhověla docela té podmínce. Ještě nejlepší je olej cedrový (Ol. ligni cedri); pro tento sestavil *Zeiss* v Jeně nové systémy immersí, které znamenitě předčí obyčejné systémy s vodou. (Viz: „*Zeitschrift für Mikroskopie*, II. Jahrgang, Heft II. pag. 33.

\*\*) *Pogendorff Annal.* CXXXI pag. 33 i pag. 180.

Mimo to je i pozorovatel od toho co pozoruje, dosti vzdálen (u Toeplera 10—20 stop).

Mně se podařilo, najít nový způsob, prostý oněch nepřijemných okolností, který v četných případech může Toeplerovu metodu nahraditi. Ano máme i případy, kde je Toeplerův způsob k vůli malému poli nedostatečným; a zrovna tam se může způsobu zde popsaného s prospěchem upotřebiti.

Optický stroj je velmi jednoduchý. Heliostat s jednou neb s dvěma čočkama, jak se obyčejně u každého heliostatu nacházejí, a jedno neb dvě diafragmy tvoří celý náš aparát.

Sluneční světlo přichází od heliostatu na čočku  $ab$  (Fig. 1.) (vzdálenost ohniska = 22.6 cm., průměr = 7,1 cm.) i odtud na čočku  $cd$  (vzdálenost ohniska = 19.3 cm., průměr = 2,8 cm.). Vzdálenost jedné čočky od druhé je něco menší, než je vzdálenost ohniska čočky  $ab$ ; já jsem dal čočky do vzdálenosti 21 cm. Hlavní věc je diafragma  $f$ . Aby neshořelo teplem slunečním, musí býti z kovu. Otvor jeho se nachází tam, kde je ohnisko obou čoček. Průměr otvoru je = 1. mm.; kraj otvoru musí býti zaostřen, i celé diafragma nechť je dobře počerněno. Diafragma se nasadí do krátké trubky z lepenky, která se opět nastrčí na trubku, v níž je čočka  $cd$ .

Kužel slunečních paprsků, který vychází z bodu  $f$ , nám slouží k vyšetřování předmětů, při čemž ho zachytíme v tmavé světlici na bílé stěně (papírové) u  $mn$ . Vzdálenost  $fo$  je = 4,6 m. Předměty, které chceme vyšetřovati, dáme asi do polovičky vzdálenosti  $fo$  do průseku kužele  $k l i$ . Předměty tyto vrhají stín na stěnu  $mn$ , takže vlastně vyšetřujeme jen stín průhledných předmětů. Kraj stínu není ostrý, ale okazuje zjevy ohybu světla.

Vzdálenost  $fl$  jsem obyčejně bral 2 m. až 2.1 m. potom byl průměr kruhu  $ik$  = 70 cm.; to je tedy i průměr pole aparátu. V nejčtetnějších případech není však potřeba pole tak velkého, nýbrž je zmenšíme tím, že dáme před čočku  $ab$  diafragma  $gh$  mající v průměru 43 m. Tehdy je průměr pole  $ik$  = 41 cm. Diafragma  $gh$  je prospěšné tím, že nepřichází tolik světla na stěnu  $mn$ ; světlice je potom tmavější.

Čočku  $cd$  můžeme i docela vynechati. Já jsem jí ale obyčejně použil, proto že tím docílíme mnohem stejnější osvět-

lení stěny  $mn$ . Každá nepravidelnost na zrcadle heliostatu i na čočce  $ab$  se vidí zřetelně na stěně  $mn$ , dokud nepoužijeme čočky  $cd$ . Přesvědčíme se o tom, když něco málo na jednom místě posliníme zrcadlo neb čočku  $ab$ .

Diafragma u  $f$  činí stroj citlivějším avšak můžeme se i bez něho obejít, když nepotřebujeme veliké citlivosti. Co se týče měř zde uvedených, nemusíme se jich přísně držeti. Každý si zkoušením snadno najde míry, které mu pro jeho čočky dají nejlepší resultat.

### Zkoušení citlivosti.

Citlivost stroje je překvapující i možno, že vyrovná se znamenité citlivosti stroje Toeplerova.

Dejme teplou ruku do průseku kužele  $i l k$ , tu vidíme na stěně  $mn$  dosti zřetelně rukou zahřátý vzduch vystupovati od ruky nahoru.\*)

Zkoušku citlivosti, které použil Toepler pro svůj aparát, snese náš stroj docela snadno. Vezměte dvě stejné kyvety  $A$  i  $B$  (Fig. 2) z dobrého zrcadlového skla, jakých se užívá při absorpci světla. Obě skleněné stěny o každé jednotlivé ať jsou co možná rovnoběžné. Kyvety se naplní čistou vodou a spojí se ohnutou skleněnou trubkou asi 1,5 mm. vnitřního průměru. Trubka ta se před tím naplní vodou. Když zdvihneme kyvetu  $A$ , musí z ní přetýkati voda do druhé  $B$ . Proud vody, který vytéká z trubky, vidí se docela dobře v kyvetě  $B$ . Rozdíl lomitele pro proud vody i pro ostatní vodu musí býti zajisté skoro nekonečně malým, i z té příčiny myslí Toepler, že se pro citlivost jeho stroje nemůže vůbec najíti žádná míra; to samé bychom tedy směli tvrditi i o našem stroji.

### Pokusy.

*Pevná tělesa i kapaliny.* Kus obyčejného skla tabulového, které dáme do průřezu  $kli$ , okáže se velmi nestejným. Ale i dobré zrcadlové sklo okazuje obyčejně pruhy, dále světlé

---

\*) Není mi známo, jestli stroj Toeplerův ob stojí v této zkoušce. Co se týče diafragmy  $gh$ , tu je prospěšno jí použití při těchto i při všech následujících pokusech, ač není-li výslovně poznamenáno jinak.

i temné skvrny obzvláště, když držíme tabulku na koso proti slunečním paprskům.\*)

Pro kapaliny se vezme jedna kyveta většího druhu asi 3 cm. široká. Jestli dle Toeplera malým měchem dmýcháme na povrch vody, ochladí se voda nahoře i padá dolů; to se i vidí na stěně *mn* docela dobře.

Ohřejme dále silně kus kovu, i přidržme ho několik sekund na dno kyvety (které musí býti z kovů) tak, že se kov dotýká dna jen na jednom místě. Ihned se zdvihne od toho místa pěkný tmavý sloup teplé vody, který se rozprostře na povrch.

Dále přidržme jedno zrno soli pincetou asi 1 sekundu na povrch vody; ihned padají temné pruhy solného roztoku ke dnu kyvety.

Rozumí se, že se dá podobných pokusů vyvésti velmi mnoho; tyto necht slouží na příklad.

*Páry i plyny.* Otevřenou láhvičku, ve které je ether (nebo sírovodík) nahneme tak daleko, až skoro kapalina vytéká. Potom vidíme velmi zřetelně padat páry etheru dolů. Dobře je při tom, když je vzduch docela klidný.

I známý pokus přelévání uhličité kyseliny z jedné nádoby do druhé, přetékaní uhličité kyseliny přes kraj nádoby atd., může se zcela dobře na stěně *mn* pozorovat. Pěkný pokus je i tento: do vysoké nádoby, která je nahoře sživená, dá se něco vody i  $CO_2$  *Na H* (dvojuhličitan sodnatý); potom se doleje něco sirkové kyseliny. Tu vidíme v okamžení výbuch uhličité kyseliny, což je zajímavé podívání.

Překvapující pohled poskytuje Bunsen-ův hořák s malým plamenem (neb i lžhová lampa); vidíme tu spoustu teplého vzduchu vznášeti se nad plamenem do výšky. Dobře je odstraniti k tomu cíli diafragma *gh*, jelikož třeba velikého pole.

Velmi dobře se dá naší metody použití k vyšetřování *citlivých plynových paprsků*. Tyndall\*\*) učinil plynové paprsky

\*) Můžeme též zkoušeti obě plochy, jsou-li docela rovné, tím, že reflektujeme světlo od nich co možná koso opět na druhou bílou stěnu. Není-li plocha docela rovná, vidí se to hned na oné stěně podlé nestejnosti světla. Ale k témuž účelu máme jiné, ještě ostřejší optické prostředky.

\*\*) Tyndall „der Schall“, II. Auflage pag. 289, 292 285.

tím viditelné, že k ním přimíchal dýmu salmiakového. Ale on myslí, že by se citlivost paprsků zvětšila, kdyby se mohly viděti bez přimíchaného dýmu. Na druhém místě praví o citlivých plamenech, že i nejmenší nečistota mechanicky rozdělená má největší účinek na plamen. Ale dým salmiakový je sám taková nečistota i mimo to snadno zacpává otvor trubky, z které vychází. Jelikož nyní můžeme udělat i *čistý* plynový paprsek viditelným, odpadá nepohodlné upotřebení salmiakového dýmu.

Já jsem pokusy prováděl takto. Vzal jsem měch (od Koenig-a), který účinkoval velmi stejnoměrným tlakem (65 cm. vody v průřezu). Vzduch šel z měchu do láhve co možná veliké *A* (Fig. 3) i odtud do menší láhve *B*, a to trubkou, která sáhala až na dno láhve *B*. Vzduch vytékal trubkou *C*; otvor trubky byl nahoře 0·8 až 2 mm. široký. Rychlost vytékání vzduchu se řídila kohoutkem *D*. Do láhve *B* se dá něco bavlny, která se napojí silně étherem. Měch se docela naplní i nechá se potom tak dlouho, až se docela vyprázdní; měch nesmí při tom šustěti ani skřípati. Rozumí se, že můžeme s prospěchem použití na místo měchu i obyčejného gasometru, při kterém však musíme udržeti tlak stálým. Když jsme byli dobře zřídili kohoutek *D*,\*) dostaneme na stěně *mn* krásný paprsek vzdušní znamenité citlivosti. Paprsek se šíří někdy skoro přes celé pole *ik* (41 cm.) Pro vysoké tony, syčení, atd. není citliv, jak již *Tyndall* shledal u svých kouřových paprsků. Ale při hlubších tonech se ani nejcitlivější plamen našemu paprsku nemůže rovnati. Mluvíme-li neb zpíváme-li velmi přidušeným hlasem jeví paprsek největší nepokoj. Zvláště veliký vliv má chození a škrabání nohou po podlaze. Ťukněme na stůl, kde je láhev *A* i *B*, ale co možná daleko od obou tak polehounce prstem, že to ucho neslyší ani dost málo; paprsek se zkrátí v okamžiku asi na třetí díl své délky. Někdy se při tom vidličkovitě rozdělí na obě strany. Rozumí se, že při všech těch pokusech musí býti vzduch docela pokojný.

Jestli se neštítíme plynového zápachu, můžeme použití svítíplynu. Potom nepotřebujeme ani měch ani láhve *A* i *B*.

\*) Je-li kohoutek příliš otevřen, je paprsek docela krátký; zrovna tak se stává, je-li kohoutek příliš málo otevřen. I závisí citlivost velmi na tom, jak je kohoutek otevřen.

Ale plynový paprsek se nevidí tak jasně, jako paprsek étherových par, ačkoliv se vidí i plynový paprsek docela zřetelně po celé své délce.

Prováděl jsem ještě dále pokusy se zahřátým i chlazeným vzduchem, k čemuž opět potřebuje se měchu i veliké láhve *A*. Za kohoutkem *D* se nasadí kaučuková trubka a na ní měděná trubka šroubovitě zakroucená *abc* (fig. 4.) Šroubovitý díl *bd* se ohřeje silně na Bunsenovém hořáku. Rozumí se, že rovný díl trubky *bc* musí býti dosti dlouhý, aby se kaučuková trubka horkem nespražila. Když je trubka měděná dosti zahřátá, odstraní se hořák a nasadí se na něj obrácená hliněná nádoba nahoře provrtaná a to k tomu cíli, aby teplý vzduch od *bd* nemohl vystupovati nahoru. Potom se měch naplní; i dostaneme paprsek teplého vzduchu, který vychází z otvoru *a* asi 1 do 1.5 mm. širokého. Kohoutkem *D* se opět docílí pravé citlivosti. Paprsek se vidí ještě tehdy velmi dobře, když se trubka *bd* může vzítí pohodlně do rukou, když je tedy její temperatura asi 40° C. Nechceme-li, aby byl paprsek kolmým, nepotřebujeme hliněné nádoby, jelikož teplý vzduch, který vystupuje z povrchu trubky *bd*, nemíchá se s paprskem, když stojí trubka *abc* dosti zkosa.

Chceme-li míti paprsek ochlazeného vzduchu, dejme šroubovitou trubku do směsice ledu i soli. I takový paprsek je velmi citlivý.

#### Pokusy elektrickou jiskrou.

Více pokusů provedl již *Toepler*. Já zde jen něco dodám o jiskře stroje *Ruhmkorffova*, co jsem ještě nenašel nikde podotknuto. Známo je z rozličných elektrických zjevů, že při jiskře vzduch, který odletí od pozitivního polu, má větší rychlost, než vzduch, který odletí v protivném směru od negativního polu \*). Pomocí naší metody se to dá přímo ukázati.

Dříve ale ještě podotknu, jak se snadno najde negativní pol *Ruhmkorffového* stroje. \*\*) Pusťme jiskru mezi dvěma tenkými drátky ze železa; délka jiskry ať je 2—3 mm. Drátek (—) polu se zahřeje do červena nebo shoří docela, drátek (+)

\*) Viz *Wiedemann*, Galvanismus, letzter Band p. 299 i dále.

\*\*) *Ibidem*, pag. 408.

polu se ohřeje jen málo. Vezmeme-li dvě šicí jehly na místo drátků, dostane špička negativního polu známé barvy ocele; špička (+) se nepromění. Ano u mého Ruhmkorffového stroje (délka cívky = 36.5 cm.) se při silném proudu i roztopil tenký platinový drát na (—) polu horkém dočista; na (+) polu bylo zahřátí jen slabé. Pro pokusy, které teď popíšu, použil jsem vždy proudu 6 Smee-ových elementů, který se přerušoval interruptorem *Foucault-a.* Elektrodami byly dva platinové dráty 0.6 mm. tlusté, na konci jehlovitě zaostřené. Zjev, který jsem viděl při rychlém chodu interruptoru i při vzdálenosti elektrod od 3—4 mm. na stěně *mn*, okazuje v jednoduchých obrysech fig. 5. Dobře je při tom vzíti otvor diafragmy *f* hodně malým (asi 0.5 mm). Chceme-li dobře rozuměti tomuto zjevu, musíme použítí stroboskopické metody.

Okrouhlá deska z lepenky s úzkými radialními otvory, která se otáčí okolo vodorovné osy, umístí se co možná blízko u diafragmy *f* (fig. 1), tak že při otáčení desky otvory propouštějí vždy na krátký okamžik světlo, které vychází z *f*. Dále postavme stroj Ruhmkorffův tak, aby stín interruptoru padl blízko ke stínu elektrod vyobrazených ve fig. 5. Když otáčíme desku jistou rychlostí, vidíme stín interruptoru buď dočista nepohnutý, buď v pohybu velmi zdlouhavém \*). Potom se vidí, jak obláček teplého vzduchu; který povstane od jiskry, roste poznenáhla i pohybuje se zároveň od + polu k — polu.

Obraz 6. nám okazuje zjev, když zaměníme zápornou elektrodu koulí; podobný zjev dostaneme, když jsou obě elektrody koule. Zjevy tyto podle mého mínění poukazují k tomu, že jde od (+) polu proud vzduchu k (—) polu. Protivný proud od (—) polu k (+) polu je bezpochyby tak slabý, že se nevidí. Vezmeme-li větší vzdálenost elektrod, než 3—4 mm. tratí se rozdíl + i — polu čím dál tím více; při vzdálenosti několika centimetrů již je neseadno rozeznati oba poly od sebe. Na konci ještě upozorňuji na zajímavé zjevy, které poskytují jiskry stroje Ruhmkorffova na stěně *mn*, když mají velikou délku, totiž asi 20—30 cm.

\*) Deska nechť má asi 4 neb 6 úzkých otvorů; můžeme pomocí dvou kladek i dlouhé šňůry pohyb desky přenést až k stěně *mn*, tak že



### Theorie stroje zde popsaného.

Dejme kus skleněné hůlky nebo trubky, jejíž průřez je  $qp$  (fig. 1) do kuželu světla blízko k  $l$ ; ačkoliv je tato docela průhledná, přece vrhá černý stín  $rs$ . Příčina je ta, že paprsky sluneční, které jdou skrz  $qp$ , dříve než dojdou na stěnu  $mn$ , se rozejdou na všechny strany. Do geometrického stínu  $rs$  nepříjde tedy skoro docela žádných paprskův, týž musí býti temným. Něco podobného nastane, dáme-li některý jiný průhledný předmět do  $kli$ , ač není-li ohraničen rovinami, nýbrž křivými plochami; tak na př. paprsek plynu. Ale nesmíme zapomenouti na to, že je rozdíl lomitele pro plyn i vzduch velmi malý. Paprsky, které jdou plynem, se nemusí tedy zcela rozejíti, dříve než dojdou do stěny  $mn$ . Dále přistupují k tomu zjevy ohybu i křížení světla. Paprsky, které jdou skrz  $qp$ , i ty, které jdou okolo  $qp$ , se sejdou a dají zjevy interference. Tím se stane úplná theorie stínů průhledných plynů velmi složitou. Z té příčiny se v ní dále nebudu spouštěti, uvedu jen některé pěkné zjevy ohybu a interference, které jsem při svých pokusech pozoroval.

Vezměme opět láhev  $B$  (fig. 3) s bavlnou étherem napuštěnou. Trubka  $C$  necht' je dosti široká (asi 1 cm.); nahoře se zavře rovnou kovovou tabulkou, která má čtvercový otvor 5 mm. Na tuto tabulku se přilepí silný staniol, ve kterém se nachází malý, kulatý otvor. Foukáme-li do láhve  $B$ , dostaneme paprsek par étheru, který jde otvorem v staniolu.

Zjevy ohybu a interference na stínu paprsku jsou závislé na průměru otvoru, z kterého paprsek vychází. Je-li průměr ten  $= 0.56$  mm., dostaneme pro  $lf = 2.15$  m.  $fo = 46$  m. v prostředku světlý pruh, i okolo pěkné barevné pruhy, obzvláště v dolní části paprsku, kde ještě diffusé etherových par nezničila ostrou hranici paprsku i vzduchu. Je-li průměr otvoru v staniolu  $= 3.4$  mm., dostaneme v prostředku dva úzké temné pruhy.

Krásný zjev dá pečlivě v staniolu vyřezaný otvor obdélníkový s šířkou  $= 0.25$  mm., délkou  $= 4$  mm. Paprsek se stáhne silně, když vyjde z otvoru („contractio venae“) i okazuje pěkné

---

můžeme zároveň točiti desku i pozorovati zjev na stěně  $mn$ . Jelikož se musí deska pohybovati co možná stejnoměrně, přidejme k ní ještě jednu téžkou kovovou desku, i starejme se o to, aby tření bylo všudy co možná malé.

barevné pruhy. Zajímavé zjevy vidíme někdy, když není staniol dobře přilepen na kovové tabulce, tak že uchází mezi staniolem i tabulkou tenký proud étherových par; týž okazuje obyčejně živé barvy.

## O plochách rozvinutelných.

Napsal

V. Řehořovský v Praze.

Plochy přímočárné mohou býti dvojího druhu. 1) Takové, u kterých dvě soumezné přímky se neprotínají — *plochy zborcené* a 2) ony, u kterých dvě soumezné přímky se protínají; plochy ty zovou se *rozvinutelné*, poněvadž kterýkoliv plošný prvek obsažený mezi dvěma soumeznými přímkami plochy možno převést do roviny libovolného jiného plošného prvku a tedy celou plochu v jedinou rovinu.

Jakým způsobem analyticky vyšetřovati lze plochy zborcené, ukázal jsem na jiném místě\*); účelem řádků následujících jest rozšířiti onen způsob analytického vyšetřování i na plochy rozvinutelné.

### Rovnice ploch rozvinutelných.

1. Buďtež

$$\left. \begin{aligned} y &= \alpha x + \beta \\ z &= \gamma x + \delta \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

rovnice přímky v prostoru, která dle určitého zákona polohu svou spojitě mění; zákon ten vyjádříme tím způsobem, že koeficienty  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , podmiňující polohu přímky, považujeme za funkce jediné proměnné  $t$ , kteréž aspoň v jistém intervallu této proměnné spojitě se mění. Každé hodnotě  $t$  náleží pak jedna poloha přímky (1) a veškeré přímky ty vyplňují přímočarou plochu, která všeobecně bude zborcenou. Jedná se tudíž především o to nalezi podmínku pro koeficienty  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , aby plocha rovnicemi (1) určená udávala plochu rozvinutelnou.

\*) Archiv matematiky a fysiky, svaz. II., číslo IV.