

# Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

---

Josef Zahradníček

Stroboskopická metoda ve fyzikální praxi. [II.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 50 (1921), No. 2-3, 200--204

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/109171>

## Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1921

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>

## Stroboskopická metoda ve fyzikální praxi.

Dr. Josef Zahradníček.

(Dokončení.)

Předešlých vztahů možno použití při studiu pohybu otáčivého, harmonického, kyvadlového a kmitavého, jsou-li periody jejich dosti značné. Snadno zařídíme v posledních dvou případech pokus tak, aby elektromagnetem zachycené péro nebo lesklá kulička kyvadla se vybavily a vykonavše jeden polokmit nebo kyv jiným elektromagnem slabým byly v krajní poloze zadrženy. Nebo necháme pružné péro, kyvadlo volně se pohybovatí kol rovnovážné polohy, řídíce rychlost stroboskopické desky tak, až obrazy jsou ustáleny ve svém počtu i poloze. Je-li počet obrazů v tomto případě pozorovaných — krajní polohy v to čítaje —  $k + 1$ , jest platný dřívější vztah  $\frac{1}{N} = k \frac{1}{n}$ ; odtud vypočteme počet kyvů nebo polokmitů  $N$  ze známého  $n$  stroboskopické desky.

Pokusy toho druhu dají se prováděti v praktických cvičeních v různých obměnách. Dá se na př. zkouseti platnost vzorce pro dobu kyvu i pro nejmenší délky kyvadla, závislost doby kyvu na amplitudě, u spirály na zatížení; možno takto určití počet obrátok u motoru, u setrvačnicku a pod.

Pohyby, jejichž perioda je poměrně velká —  $\frac{1}{2}$  až  $\frac{1}{10}$  sekundy — studujeme stroboskopickou deskou s malým počtem otvorů — 1 až 3 — na př. pohyb kyvadla ( $l < 25$  cm), nebo pružného ocelového pruhu. Pohyby s menší periodou —  $\frac{1}{10}$  až  $\frac{1}{40}$  sekundy — studujeme stroboskopickými deskami o 4 až 8 otvorech, na př. pohyb kotvy Wagnerova kladívka, nebo krátké pružné spirály, jež vodorovně jsouc upevněna je v pohyb uváděna buď mechanickým nárazem nebo elektrickým proudem. Rychlejší pohyby studujeme deskami s počtem až 20 otvorů. Při tom měníme rychlost stroboskopické desky tak dlouho, až obrazy jsou ostré stálé a co možná jednoduché.

K určení velkých kmitočtů v akustice, na př. ladičky, nutno použití osvětlení téže periody

$$N = n.$$

K pokusům hodí se každá ladička s velkou amplitudou, zvláště pak elektromagnetická. Souhlasí-li obě periody, jest ladička zdánlivě v klidu. Jsou-li mezi oběma čísly malé rozdíly, vykonává ladička stroboskopické pohyby s malou rychlostí.\*)

Stejnodobého osvětlení jest nutno použití při všech periodických pohybech akustických — struny, blany, plamének, píšťaly\*\*) a t. d. Zajímavým se stává stroboskopické pozorování těchto pohybů právě v případech, kdy rozdíl kmitočtů jest malý, kdy stává se roven jedné a pak nulle.

Všechna měření stroboskopických pohybů předpokládají, že jest známou perioda stroboskopického osvětlení  $n$ , která závisí patrně na počtu obrátek kola odstředivky, motoru nebo zkrátka onoho zařízení, jímž uvádí se deska stroboskopická v pohyb. Je-li deska upevněna na odstředivém stroji, počínáme si, jak již svrchu bylo uvedeno. Určíme totiž napřed, kolikrát se deska otočí, mezi tím co se velké kolo otočí jedenkrát, dvakrát...; otáčíme pak dle taktu metronomu a počítáme odtud  $n$ . Jest výhodno pro jednotlivé desky a rychlosti sestaviti si tabulku pro  $n$ . Je-li deska uváděna v pohyb hodinovým strojem, jehož rychlost možno v jistých mezích řídití brzdou, uděláme si na provazci, kolem dvou koleček ovinutého, značku — uzel — a počítáme, kolikrát za minutu přeběhne značka ona před naším okem. Podobně možno si vésti, je-li deska uváděna v pohyb elektrickým motorem — s převodem. Je-li deska upevněna bezprostředně na ose motoru, nutno použití počítadla obrátek. Těmito způsoby s použitím metronomu, nebo hodinek, po případě počítadla obrátek, možno určití počet otoček desky v jedné

\*) Má-li ladička jen malé kmity, možno dle M. Volkmana (viz citovaný spis) postupovati takto: Nožku kmitající ladičky přidržíme u trubice skleněné 20—40 cm dlouhé, jež na konci se zúžuje na 1—2 mm, a vodou je naplněna. Následkem periodických nárazů dělí se vytékající voda v kapky, jež odpadávají v téměř tempu, jak ladička na trubici naráží. Když kapky zdánlivě stojí, jest perioda osvětlení rovna kmitové periodě ladičky.

\*\*) Pěkným pokusem ukázal vlnivý pohyb vzduchu v píšťale Mach. Polovina dvou protilehlých stěn dřevěné, asi 1 m dlouhé píšťaly, jest ze skla. Uprostřed píšťaly, blanou přepažené, je napařené platínové drát potřený kyselinou sírovou. Elektrickým proudem drát se oteplí a páry kyseliny sírové, na vlnění súčasné, osvětlí se stroboskopicky. Píšťalu možno také vyplniti kouřem, parami salmiakovými. (Viz Machův spis str. 92 a 78.)

sekundě a tím i počet stroboskopických osvětlení  $n$  s přesností dosti uspokojivou.

Spojíme-li pak otáčivý stroj, jehož perioda pohybu jest určena, s tak zvanou deskou Samojlovovou, můžeme naopak určití kmitočet periodického osvětlení. Je to kruhová deska z papíru mající dle rozměrů motoru vhodný průměr 20—40 cm s osmi soustřednými kruhy, na nichž střídají se pole černá a bílá — po případě černá kolečka průměru asi 1.5 cm — v počtu takovém, že poměr jich jest 1 : 2 : 3 : . . . : 7 : 8. Vnitřní kruh má na př. — dle spisu Müller-Pouilletova str. 767 — 10 polí bílých a 10 černých. Uvedme desku v rovnoměrnou rotaci o známém počtu otoček v jedné sekundě  $N$ ; doba, za kterou vymění se černá pole v jednotlivých kruzích, jest  $\frac{1}{mN}$ ,  $m = 10, 20, \dots 80$ .

Osvětíme-li desku periodickým světlem —  $n$  — na př. citlivými plaménky, elektrickým výbojem, pak ze šedé směsice kruhů pozorované ve světle spojitým vynikne nám jeden kruh, jakoby byl v klidu. Příslušné periody jsou buď sobě rovny, anebo jsou v jednoduchém poměru celých čísel.

Jednodušší jest kotouč Poggendorffův ( $r = 10$  až 20 cm) s třemi řadami soustředných kruhů, v nichž je 8, 9, 10 černých kroužků ( $r = 1$  cm) pravidelně rozdělených. S touto jednoduchou deskou můžeme provéstí zajímavé pokusy stroboskopické, které už zcela správně popsal Doppler \*) (1845). Nechť pohybuje se tato deska stálou rychlostí  $N$ -krát za sekundu; černé kroužky vymění svá místa vzájemně za tu dobu  $8N$ ,  $9N$ ,  $10N$ -krát. Uvedme nyní v pohyb desku stroboskopickou a to tak, že rychlost její poněmáhu zvětšujeme, a pozorujeme ve stroboskopickém osvětlení desku předešlou. Bez ohledu na směr rotace stroboskopické desky vidíme s počátku desku s kruhy pohybovati se v jejím vlastním směru. S rostoucím  $n$  stroboskopického osvětlení roste i rychlost strob. pohybu až do jistého okamžiku. potom rychlost se zmenšuje až konečně máme dojem klidu; je to v případě, kdy perioda osvětlení  $\frac{1}{n}$  a pohybu  $\frac{1}{8N}$ ,  $\frac{1}{9N}$ ,  $\frac{1}{10N}$

\*) Über ein Mittel periodische Bewegungen von ungemeiner Schnelligkeit noch wahrnehmbar zu machen und zu bestimmen — Abh. der kön. böhm. Ges. der Wissenschaften V. 3. str. 769 — (viz Machův spis str. 74)

jsou k sobě v jednoduchém poměru. Stojí pak napřed zdánlivě kruh vnitřní, pak prostřední a konečně vnější. Zvětšuje-li se rychlost strob. desky a tím i  $n$  dále, přechází stroboskopický klid v pohyb ve směru opačném zprvu malou pak rostoucí rychlostí, jež znovu se zmenšuje a přechází v nullovou — klid, když kmitočet  $n$  jest opět v  $8N$ ,  $9N$ ,  $10N$  beze zbytku obsažen. Při dalším zvětšení  $n$  přechází opět klid v pohyb ve směru druhém atd.; případy klidu nastanou obecně  $k$ -krát a příslušné  $n$  možno určití z rovnice  $8N$ ,  $9N$ ,  $10N = kn$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots$ , při tom však nesmí  $n$  klesnouti pod nejmenší možnou hodnotu předepsanou fyziologickými poměry oka

$$n = 1/0.35 \text{ sek.}$$

jak také správně poznal již Doppler. \*)

Poslední okamžik stroboskopického klidu, při němž se nám jeví deska ve věrné podobě, nastává při  $k = 1$ ; zvětšujeme-li  $n$  dále, pohybuje se deska zdánlivě směrem opačným rychlostí zprvu se zvětšující a pak zase zmenšující, až při rychlosti dvojnásobné —  $k = \frac{1}{2}$  —, trojnásobné —  $k = \frac{1}{3}$  —... nastává opět klid, ale počet tmavých kruhů je z pochopitelných důvodů dvojnásobný, trojnásobný . . . . . Zvětšujeme-li rychlost desky stroboskopické dále, zvětšuje se počet tmavých skvrn víc a více, až máme dojem tmavých mezikruží. Abychom i v takovém případě mohli určití z jedné známé periody druhou, použijeme bílého kotouče s jedinou černou skvrnou kruhovou ( $r = 1 \text{ cm}$ ) při obvodu kotouče vyznačenou, nebo s jedním černě vyznačeným poloměrem, nebo upevníme na tmavém kotouči lesklý drát ve směru poloměru. Je-li počet otoček desky  $N$ ; zdánlivý počet poloměrů  $m$ , kmitočet periodického osvětlení  $n$ , jest platný už dříve odvozený vztah  $mN = n$ .

Touto cestou můžeme určití počet výbojů u Ruhmkorffova induktoru a tím počet přerušení v jedné sekundě způsobených přerušovačem elektromagnetickým nebo elektrolytickým a j. Na motoru s počtem obrátek — v jedné sekundě —  $N$  upevníme Geisslerovu trubici ve směru poloměru. Při rotaci motoru objeví

\*) Nejzajímavější případ na desce Poggendorffově nastává, když právě jest  $9N = kn$ ; prostřední řada kruhů je ve stroboskopickém klidu, druhé dvě pak ve volném pohybu v opačných směrech.

se nám elektrická hvězdice s počtem ramen  $m$ ; počet přerušení — stroboskopických osvětlení — v jedné sekundě je dán součinem  $mN$ . Nebo upevníme na motoru zmíněnou desku kruhovou s jedním vyznačeným poloměrem. Uvedme desku v pohyb a osvětlivše ji Geisslerovou trubicí\*) čítáme opět počet pozorovaných ramen. Počet přerušení jest jako v předešlém dán součinem  $mN$ . Někdy jest počet ramen stroboskopických tak velký, že není možno jej přesně určit. V tom případě zvětšíme pokud možno  $N$ , za kruhovou desku postavíme vhodně úhloměr příslušného poloměru a čítáme počet stupňů mezi dvěma sousedními rameny stroboskopickými. Je-li úhel onen  $\omega^\circ$ , jest patrně  $m = \frac{360^\circ}{\omega^\circ}$  a počet přerušení v jedné sekundě  $n = mN$ ; u Simonova přerušovače zjištěno  $n$  v mezích 40 až 400  $\frac{1}{\text{sek}}$ .

## Metody a výsledky měření teplot hvězdných.

Dr. Bohumil Hacar v Prostějově.

Snaha po určení teplot těles nebeských jeví se poměrně záhy v astrofysice. Je to přirozeno: jest patrné, že pro výzkum fyzikálních pochodů na tělesech těchto se odehrávajících a zejména pro otázku vývoje jejich, jest znalost teploty podmínkou nejdůležitější.

Problém určení teploty hvězdné jest nám v přírodě předložen ve dvou podstatně různých formách: jest to úkol určit teplotu Slunce a teplotu stálic. Různost povahy úkolu v obou případech pochopíme snadno, uvážíme-li různost vzdáleností. Slunce je těleso poměrně blízké, vliv jeho záření tudíž mocný a bez jakýchkoli přístrojů patrný. U stálic nesmírná vzdálenost — u nejbližší asi 4 světelné roky — vylučuje přímé měření záření tepelného.

Ačkoliv tedy úkol jest u Slunce po jisté stránce snazší. už proto, že, jak uvidíme, více cestami lze tu dojít cíle, to

\*) Aby Geisslerova trubice ani delší prací neutrpěla, jest do vedlejšího kruhu zařazen kondensátor a trubice G. za sebou, do hlavního kruhu pak cívka tlumící s posunovatelným železným jádrem. (Viz Novák, Fysika II. díl str. 635, Praha 1918.)