

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Albert Arnulf

Oko a optické přístroje. [II.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 75 (1950), No. 3, D312--D319

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123880>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1950

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>

LITERATURA.

- [1] E. GÜMLICH: Leitfaden der magnetischen Messungen, 1918, F. Vieweg, Braunschweig.
E. GÜMLICH: Messungen an ferromagnetischen Stoffen, Handbuch d. Physik (Geiger, Scheel), 1927, Springer, Berlin.
P. B. A. LINKER: Elektrotechnische Messkunde, 1932, Springer, Berlin.
- [2] J. WÜRSCHEMIDT: Z. Phys., **19** (1923), 388.
- [3] E. DÜSSLER: Ann. d. Phys., **86** (1928), 66.
- [4] J. BROŽ: Technické zprávy čs. stroj. a kov. prům. **3** (1949), 16—20.

*

A new method for quick estimation of coercitive force. An attempt has been made of solving the problem of quick determination of the coercitive force for current samples of ferromagnetic materials. The method worked out for this purpose makes use of the uncompleted circuit of the investigated sample and the determination of the coercitive force is performed by means of the circuit magnetised by the A. C. By measuring the leakage flux produced by the sample and passing through the magnetic circuit the coercitive force is determined.

The method used is in comparison with other methods quick, and the values thus obtained are in very good agreement with the values obtained by absolute methods. It is possible by means of this method to determination the coercitive force for samples of different crosssections and that is its great advantage among other possible methods. The present article gives a description of this method and the results obtained herewith.

OKO A OPTICKÉ PŘÍSTROJE.

Část II.

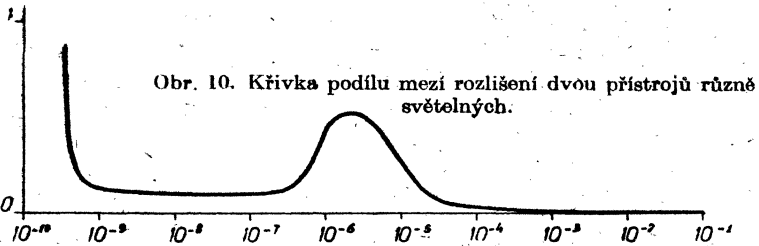
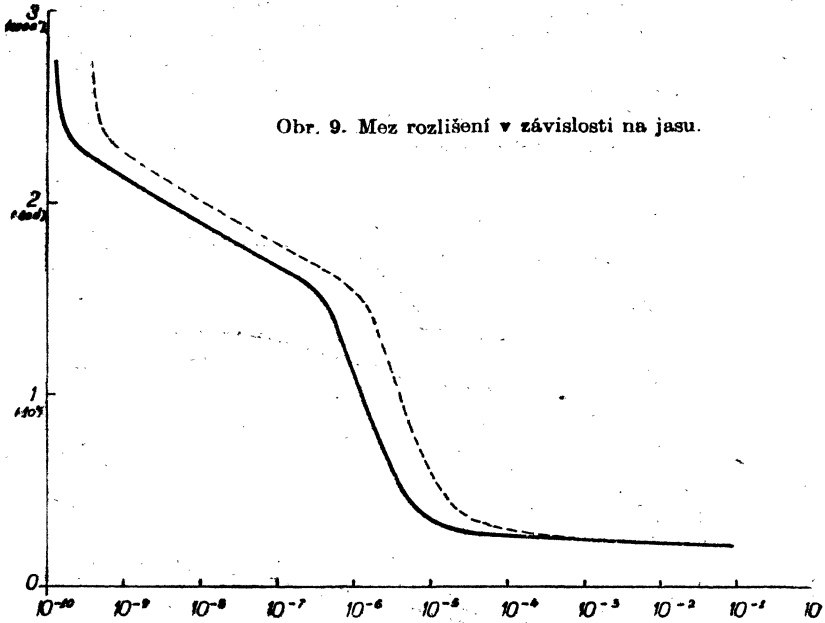
ALBERT ARNULF, Paříž.

Vztah mezi světelností a vněmem. Předpokládejme nyní, že přístroj má světelnost menší než 1 a sledujme, jak se to projeví ve výkonu. Vlastnosti oka nám poskytnou ještě jednou odpověď na tuto projednanou otázku. Mez rozlišení přístroje o daných charakteristikách se mění tak jako mez rozlišení oka; postačí tedy zhodnotit změnu meze rozlišení oka jako funkci jasů, je-li jas předmětu násoben konstantním faktorem, rovným světelnosti přístroje.¹⁾

Obr. 9 představuje změnu meze rozlišení oka jako funkci jasů a to v logaritmických souřadnicích. Děleme jas jistým faktorem; projeví se to posunutím křivky doprava o konstantní délku a rozdíl souřadnic obou křivek nám dá poměr mezi rozlišení oka ve dvou polích různě osvětlených, který je roven poměru mezi rozlišení dvou přístrojů o tomtéž poměru světelností. Přibližná křivka těchto poměrů je zobrazena na obr. 10 pro dva přístroje o poměru světelností 1 : 1,7 (na příklad 0,85

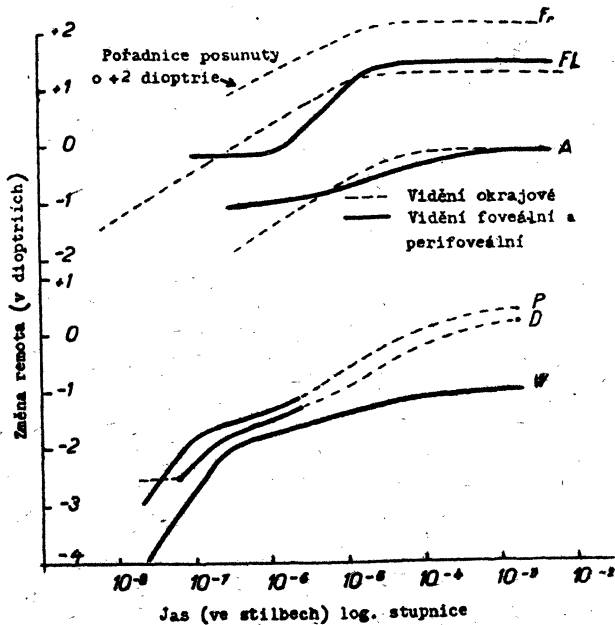
¹⁾ A. ARNULF, F. FLAMANT, M. FRANÇON, Etude expérimentale de divers instruments de nuit. Influence de la clarté sur les propriétés des instruments de nuit. Réunion d'Opticiens, Paris, Octobre 1946.

a 0,50) Vliv světelnosti je tím větší, čím jsou sklony křivky silnější. Je nulový za denního vidění, stává se velmi značným za soumraku, kdy může dosáhnout faktoru mezi 3 a 5, zůstává malý při nočním vidění (faktor 1,5) až do sousedství $5 \cdot 10^{-9}$ stilb, načež roste velmi rychle



znovu. Tento výsledek byl ověřen velmi četnými pokusy. Vysvětluje dobře, proč se různí mínění o této otázce; na příklad cvičený pozorovatel, pozorující noční oblohu, neschopný zjistit rozdíl mezi přístrojem opatřeným protireflexními vrstvami a přístrojem bez nich, zatím co se mu tento rozdíl bude zdát pozoruhodným, bude-li pracovat za soumraku nebo v okolí práhu.

Krátkozrakost při nočním vidění.²⁾ Omezím se na to, že upozorním na tento jev (obr. 11), jehož důležitost je velká pro přístroje na noční pozorování. Když jas pozorovaného předmětu klesne k 10^{-7} stilb, oko se stane postupně krátkozrakým 1,5 až 2 dioptriemi tím, že se přemístí jeho křivka spektrální citlivosti a tak se změní těžiště barevné křivky, a tím, že se zvětší průměr pupily, čímž nabudou důležitosti ohniska před sítnicí. Pod jasnem 10^{-7} stilb se zvětšuje tento efekt jevem dosud neurčeným, takže dosáhne v okolí prahu 4 dioptrií. Z toho vzniká důležitá ztráta ostrosti, která však může být vyrovnána vhodným nastavením okuláru, což je základní úkon při používání nočních přístrojů.

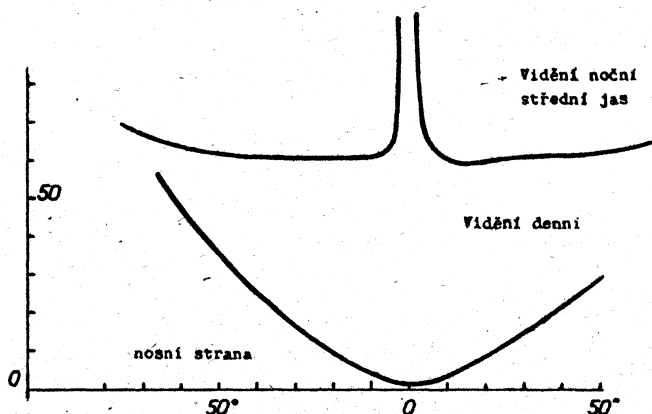


Obr. 11. Změna remota v závislosti na jasu pro 6 pozorovatelů.

Vlastnosti oka a vyhledávání cílů. Až dosud jsme se omezovali na vidění předmětů, jejichž poloha v prostoru byla předem známa; chceme-li hledat cíl, uplatní se vlastnosti celé sítnice. Křivky obr. 12 představují rozdělení ostrosti zrakových na sítnici při vidění denním a nočním. Zjišťuje se, že střední ostrost po celém povrchu sítnice je stejného řádu při vidění denním a nočním mimo foveu, kde je nulová v noci

²⁾ Tento jev, na nějž upozornil GULLSTRAND, se stal předmětem četných studií (OTERO a DUBAN, PALACIOS, RONCHI). Obr. 11 je vyňat z práce A. AENULY, P. FLAMANT, M. FRANCON, *Etude experimentale de la myopie acquise pour l'oeil en vision de nuit*. Réunion d'Opticiens, Paris 1946.

a velmi značná ve dne. Ale povrch foveální a dokonce i perifoveální je tak malý zlomek celkového povrchu sítnice, že se prakticky při vyhledávání cílů neuplatní. Z toho plyne nejprve, že vlastnosti přístrojů určených k vyhledávání, souvisejí s okrajovou zrakovou ostroť, a dále, že by bylo třeba dáti takovým přístrojům pole co možná rozsáhlé. Právě proto jsme v pařížském Optickém ústavu vyrobili různé přístroje, jejichž zdánlivé pole přesahuje 90° a může dokonce dosáhnout 120° , a které zachovávají zřejmě konstantní obrazovou kvalitu po celé rozloze pole.



Obr. 12. Mez rozlišení oka v různých bodech sítnice.

Jakost přístrojů. — Pokusná metoda. Nyní přistoupím k důležité otázce kvality přístrojů, zejména přístrojů visuálních. Je zajímavé si při této příležitosti připomenout, že Descartes, neznaje ohyb, domníval se, že schopnosti vnímání závisí u přístroje jedině na jeho geometrické jakosti, která je omezena aberacemi a vadami opracování povrchu. Po theoretickém stanovení tvaru, který je třeba dát povrchům, abychom obdrželi stigmatické čočky, rozhodl se také, že je vyrobí, což mu podle jeho slov mělo umožnit zjištění, jsou-li živočichové na měsíci. Skutečně nacházíme u Descarta schema principu přesně shodného s principem Zeissova stroje na broušení asférických ploch, který v posledních letech velmi zajímal optiky.

K problému jakosti přístroje je možno přikročit dvěma podstatně různými způsoby, pokusným a theoretickým. Začnu prvním, omezuje se na případ oka, a vyložím metody, užívané v pařížském Optickém ústavu, které, jak se zdá, po několikaletém používání překonaly obtíže s problémem spojené.

Definovali jsme již dříve dokonalý optický přístroj. Sdružíme-li s ním oko, dojdeme k charakteristice přístroje *visuálně dokonalého* po-

žadavkem, aby oko nezjistilo žádnou újmu vnímání při přechodu od přímého pozorování předmětů k pozorování obrazového pole přístroje; nebo přesněji, aby mez rozlišení oka, pozorujícího obrazové pole, byla táž, jako při pozorování pouhým okem.

Jestliže je přístroj vizuálně nedokonalý, mez rozlišení v obrazovém poli se zvětší. Budeme definovat jakost přístroje poměrem meze rozlišení prostého oka, s_n , a oka pozorujícího v obrazovém poli, s . Dostaneme

$$E_a = \frac{s_n}{s},$$

kde E_a je absolutní účinnost přístroje, poměr, nabývající hodnot mezi 0 (nulové podání) a 1 (dokonalý přístroj).

Nedokonalost přístroje může pocházet ze dvou příčin: ze zaclonění oka okulárovým kroužkem a z vad obrazu, který přístroj poskytuje. Je užitečné je oddělit zavedením dalších veličin.

Okulárová účinnost E_p je poměr meze rozlišení prostého oka s_n přirozenou pupilou, a meze rozlišení prostého oka pozorujícího clonou o tomtéž průměru jako okulárový kroužek, s_α .

$$E_p = \frac{s_n}{s_\alpha}$$

Okulárová účinnost vyjadřuje *vizuální jakost* přístroje opticky dokonalého. Je možno ji určit a priori pro daného pozorovatele z elementů jeho vidění. Tabulka poskytuje několik jejích hodnot:

$\omega(\text{mm})$..	0,2	0,4	0,6	0,8	1,2	1,5	2	4
E_p	0,09	0,25	0,40	0,55	0,76	0,85	0,92	1

Tato čísla ukazují, že clonění oka okulárovým kroužkem je velmi důležitým činitelem vizuální jakosti. Na příklad denní přístroj opticky dokonalý, u něhož je dán objektiv a u něhož se použije zvětšení, dávající nejlepší mez rozlišení, má okulárový kroužek okolo 0,7 mm, jak jsme viděli. Za těchto podmínek je jeho okulárová nebo absolutní účinnost okolo 0,5. Tento přístroj opticky dokonalý má prostřední vizuální jakost a proto je unavující při použití, což nejpovrchnější pozorování hned potvrdí.

Část, kterou zaujímají vady přístroje v absolutní účinnosti, je charakterisována přístrojovou účinností, poměrem meze rozlišení prostého oka, pozorujícího clonou stejného průměru jako má okulárový kroužek, a meze rozlišení oka, pozorujícího obrazové pole přístroje,

$$E_s = \frac{s_\alpha}{s}$$

Přístrojová účinnost představuje příspěvek vad přístroje k úbytku definice oka, a z toho důvodu jí budeme výhradně používat k charakterisování vizuální jakosti přístroje pod jménem účinnost. Mezi třemi účinnostmi je velmi jednoduchý vztah: $E_a = E_p E_t$.

S praktického hlediska je třeba poznamenat toto: Jakost vizuálního přístroje je vlastnost podstatně proměnná s povahou, jasnem a kontrastem předmětu. Na příklad opticky dokonalý dalekohled s okulárovým kroužkem 2 mm, kterým se pozoruje předmět o kontrastu 0,1, bude vizuálně dokonalý, to značí bude mít absolutní účinnost 1, když ho použijeme za plného slunečního světla; jeho účinnost bude nulová na noční obloze. Dalekohled bez aberací, ale mající mnoho parazitního světla, bude mít účinnost velmi blízkou 1, jestliže předmět má kontrast 1, účinnost nulovou, je-li kontrast rovný 0,05. Z toho plyne, že měření jakosti přístroje v laboratoři má smysl jen pro zcela určité experimentální podmínky, co možná blízké podmínkám skutečného použití. Obecně je jakost různá v různých bodech pole.

Poznamenávám, že pro tuto metodu byla vytvořena pozoruhodná aparatura a že jí bylo mnohokrát použito s výsledky, které plně souhlasily s přímým pozorováním předmětů.

Theoretická metoda. Experimentální způsob „a posteriori“ se nám vnucuje dnešní nedokonalostí našich vědomostí; ale pro optiku má základní důležitost předvídaní jakosti přístroje „a priori“ z počátečních výsledků. Seznámíme se se současným stavem této otázky,

Předvídaní má v tomto případě dvě etapy: určí se rozložení osvětlení v obraze a z toho se vypočte rozložení osvětlení, vnímané přijímačem.

Rozložení osvětlení v obraze záleží na ohybu, aberacích, absorpci, na parazitním světle, vznikajícím odrazem, které jsou známy a priori, a na různých nepředvídatelných chybách konstrukce. Rozložení světla, vzniklé ohybem a aberacemi, se zjišťuje nejobtížněji. Po pracích vykonaných od počátku století STREHLEM, CONRADYM a mnoha jinými, které při krajní složitosti problému poskytly jen malý počet výsledků, týkajících se izolovaných aberací, byl vykonán velmi důležitý krok kupředu v Optickém ústavu pařížském MARÉCHALEM.³⁾ On opustil příliš zdoluhavé početní způsoby a navrhl a realizoval mechanický integrátor, poskytující praktické řešení problému v případě izolovaných i superponovaných aberací s přesností daleko postačující. Stačí vložit do stroje rozličné křivky aberací a obdržíme v desítky minut bod křivky osvětlení. Je připravován program soustavných studií, zaměřených k vypracování tabulek numerických hodnot nebo empirických vzorců, umožňujících použití výsledků těmi, kteří nemají tento přístroj.

³⁾ A. MARÉCHAL, Principe d'un intégrateur mécanique pour l'étude de la répartition de la lumière dans les images optiques. Communications des laboratoires de l'Institut d'Optique, III, Juillet 1944. Etude des effets combinés de la diffraction et des aberrations géométriques sur l'image d'un point lumineux. 2^{ème} partie: L'intégrateur mécanique. R. d'Optique, 27 (1948); 73.

Účinek parazitního světla odrazem se dá zhodnotiti theoretickým počtem velmi jednoduchým, ale velmi zdoluhavým. Konečně je možno uvažovat o určení soustavných chyb konstrukce studiem prototypu, ale to nás přivádí k experimentální metodě.

Zkoumejme stav otázky, přibereme-li do úvahy přijímač, zvláště oko. Problém, který se má rozřešit, spočívá ve výpočtu rozložení osvětlení na sítnici z dat o přístrojovém obraze a optické soustavě oka, a v odvození meze rozlišení a účinnosti pomocí hodnot nejmenšího kontrastu vnímatelného okem a granulace sítnice. Prvý nástin takové práce byl skutečně proveden RAYLEIGHEM ve zpracování slavného tolerančního pravidla o $\frac{1}{2}\lambda$ na základě předpokladu, že oko nerozeznává Airyho skvrnu od skvrny vadného obrazu, pokud maximální osvětlení v této skvrně je větší než 8 % maxima Airyho skvrny. Tato domněnka platí jen ve velmi zvláštním případě vidění (jas denní, kontrast 1, zacloněná pupila).

Otázka byla studována FRANCONEM⁴⁾ v Optickém ústavu pařížském, při čemž přesně sledována právě vyložená metoda v případě jednobarevné sférické vady a vypočtená theoretická účinnost byla pokusně ověřena až na méně než 3%. FRANCON nachází tolerance pohybující se mezi $\frac{1}{8}\lambda$ a 2λ podle pupilového průměru a podle kontrastu předmětu. Pro pozorovací přístroje s optimální mezí rozlišení je tolerance $\frac{1}{8}\lambda$, tedy velmi malá, o čemž už praxe poučila různé optiky. V těchto studiích se bude pokračovat a budou rozšířena na případ několika vad pomocí Maréchalova integrátoru. Jde zde o dlouhodobou práci, jejíž definitivní výsledek bude spočívat v tom, že se jednou provždy číselně vyjádří vliv vad obrazu na zrakový vjem a že se toto vyjádření bude aplikovat na různé přístroje o známých vadách.

Vcelku můžeme uzavřít, že theoretické určení jakosti přístroje pokročilo natolik, že můžeme čekat jeho rozřešení v nedaleké budoucnosti. Ale i když problém bude úplně rozřešen, vady přístroje, často neškodlivější, budou unikat každému předvídání a priori. Zůstane tedy přímá experimentální metoda, dnes jedině možná, v poslední instanci jedinou metodou účinné kontroly praktické jakosti skutečných přístrojů.

Doufám, že jsem během tohoto výkladu ukázal, že oko je základní prvek theorie i praxe optických přístrojů; tím se opodstatňují zkoumání, konaná optiky pro jejich vlastní potřebu a zaměřená často odlišně od zkoumání fyziologů. Stejně se tím vysvětluje, proč pokračování v těchto studiích zaujímá důležité místo v programech prací z optiky.

L'oeil et les instruments d'optique. Le présent travail est une conférence prononcée à la réunion du Comité préparatoire de la Commission Internationale d'Optique à Prague, le 3 juin 1947. L'auteur, professeur à la Sorbonne et directeur des laboratoires de l'Institut d'Optique à Paris, présente une revue des résultats des travaux qui ont mis au clair l'importance des propriétés de l'oeil pour l'évaluation

⁴⁾ M. FRANCON, Vision dans un instrument entaché d'aberration sphérique, *tantôt*.

de la qualité des instruments visuels d'optique. Il apparaît que la limite de résolution de l'œil est fonction de la brillance, du contraste et du diamètre de la pupille. Pour rendre possible l'évaluation de la qualité d'un instrument par voie expérimentale, l'auteur définit l'efficacité et la performance de l'instrument. A la fin du travail, l'auteur décrit la manière de l'évaluation théorique „a priori“ à partir des données du calcul.

ZÁKLADY THEORIE ATOMOVÉHO REAKTORU

Dr VILÉM SANTHOLZER, Praha.

I. Základní pojmy. Theorie reaktoru předpokládá znalost základních konstant atomových jader, která tvoří generační oblast reaktoru (oblast, kde se odehrává štěpení a kde se brzdí rychlosti neutronů). Především jsou to *účinné průřezy* (σ) a *střední volné dráhy* (λ) neutronů. Je třeba rozeznávat tyto účinné průřezy: pro štěpení jader neutrony (σ_f), pro neštěpné pohlcování neutronů v jádrech (σ_a) a pro rozptyl neutronů na jádrech (σ_s). Podobně rozlišujeme střední volné dráhy neutronů a také střední doby života neutronů. Podle základní poučky je lineární absorpční koeficient μ roven makroskopickému účinnému průřezu σN , kde N značí počet atomů v 1 cm^3 hmoty. Protože lineární absorpční koeficient μ je převratnou hodnotou střední volné dráhy λ částice (podobně jako rozpadová konstanta radioaktivního prvku je převratnou hodnotou střední doby života jeho jader), platí vztah

$$\lambda = \frac{1}{\sigma N}, \quad (1)$$

který je základním vzorcem pro teorii reaktoru. Rozměr λ je cm, což souhlasí s tím, že rozměr $\sigma N = \mu$ je cm^{-1} .

Střední doba života neutronu před jeho štěpným pohlcením je tudíž

$$\tau = \frac{\text{dráha}}{\text{rychlost}} = \frac{1}{\sigma v N}, \quad (2)$$

takže za jednu vteřinu vznikne $1 : \tau = \sigma v N$ neutronů. V případě, že hustota neutronů n (množství v 1 cm^3) zůstává konstantní, plyne z toho vzorec pro výkon W reaktoru objemu V :

$$W = \frac{nv\sigma_f NV}{3 \cdot 10^{10}} \text{ wattů}, \quad (3)$$

protože přibližně $3 \cdot 10^{10}$ štěpení odpovídá 1 joule. Uvažujeme reaktor stejnorodý (homogenní), jehož generační prostor je tvořen čistou štěpitelnou hmotou, na příklad uranem 235 nebo plutoniem. Za hustotu neutronů n je třeba dosadit střední hustotu, neboť hustota je závislá od polohy uvažovaného objemového elementu v reaktoru. Pro reaktor ne-