

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Vladimír Novák

O zkoušení fotografického objektivu. [II.]

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 30 (1901), No. 2, 129--148

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/123129>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1901

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>

O zkoušení fotografického objektivu.

Napsal

Dr. Vladimír Novák,
docent české university v Praze.

(Dokončení.)

Pošunutím desky fotografické na místo I nastává neostrost obrázku úměrna při clonce C veličině $A'A''$, zacloněním objektivu menší clonkou D, zúží se kužel paprsků, tak že neostrost jeví se pouze vzdáleností $A'A'''$, tedy veličinou menší.

Podobně jest tomu při postavení desky matné do polohy II. Tato aberrace „v hloubce“ není vadou objektivu jako předešlé vady sférická a chromatická, odstraniti ji znamená požadavek, kterému čočka apriori nemůže vyhověti. Proto také nemění se tato aberrace *různou soustavou objektivů*, záležejíc pouze na vzdálenosti předmětu fotografovaného, ohniskové dálce a velikosti clonky. Fotografujeme-li tedy též předmět z určité vzdálenosti různými objektivy *téže* ohniskové vzdálenosti, bude při všech, stejně-li je zacloníme, obrázek do téže „hloubky“ stejně ostrým.

Při fotografii interiérů, kde obyčejně hloubka předmětu fotografovaného je značnou, lépe jest užiti objektivu s menší ohniskovou délkou a silně jej zacloniti. Fotografujeme-li na proti tomu osobu nějakou nebo skupinu, kde na okolí nezáleží, a kde by spíše určitost okolí nepříznivě působila, s výhodou užijeme clonky větší. Obrázky takové, zvláště při některých druzích reprodukce (na papíru bromostříbrnatém nebo při platinotypii) mají pak ráz uměleckých maleb.

Následující tabulka ukazuje vzdálenost v metrech, ve které obdržíme fotografovaný předmět ostrý i v hloubce — ostrostí

je tu mñneno rozptýlení paprsků z bodu vycházejících na plošku 0·1mm v průměru — při užití objektivu určité ohniskové dálky (od 5 do 40 cm) a určitém jeho zaclonění (od $f:5$ až k $f:50$).

Dle toho nutno zacloniti objektiv ohniskové dálky 20 cm při fotografii interieru (v pokoji na př.), kde je k dispozici 6—7 metrů, clonkou $f/30$, to jest otvor clonky má míti $\frac{20}{30}$ cm čili asi 6 mm v průměru.

Clonka	Ohnisková dálka										
	5	7·5	10	12·5	15	17·5	20	25	30	35	40
f:5	2·5	5·6	10·0	15·5	22·5	30·7	40·0	62·0	90·0	122·0	160·0
f:10	1·3	2·8	5·0	8·0	11·0	15·0	20·0	31·0	45·0	61·0	80·0
f:15	0·8	1·9	3·3	5·1	8·0	10·0	13·0	21·0	30·0	41·0	53·0
f:20	0·7	1·4	2·5	4·0	5·5	7·5	10·0	15·0	22·0	31·0	40·0
f:25	0·5	1·1	2·0	3·0	4·5	6·0	8·0	12·0	18·0	24·0	32·0
f:30	0·4	0·9	1·6	2·5	4·0	5·0	6·5	10·0	15·0	20·0	26·0
f:40	0·3	0·7	1·2	2·0	2·5	3·5	5·0	7·5	11·0	15·5	20·0
f:50	0·2	0·6	1·0	1·5	2·5	3·0	4·0	6·0	9·0	12·0	16·0

III.

Vady objektivů, které jsme dosud popsali, jeví se na hlavní ose čočky. Vady tyto lze, jak z uvedeného patrno, tak zmenšiti, že se při fotografii rušivě neobjeví. Pro objektiv fotografický mnohem důležitější jsou vady, které se ukazují jako průvodci těch vlastností objektivu, které jej činí nejdůležitějším přístrojem fotografickým. Vlastnostmi, které jsou tu mñnány, liší se objektiv fotografický od objektivu dalekohledu nebo mikroskopu velmi značně. Objektiv *astronomický* tak se upravuje, aby malý obrázek, který blízko kolem osy dalekohledu vzniká, byl co možná správný (tedy ostrý a věrný), tak aby velkého

zvětšení byl schopen. Při tom ovšem rozhodují nejlépe viditelné paprsky, žluté a zelenožluté, pro které musí býti objektiv achromatisován. Fotografický objektiv má úkolem vytvořiti obrázek *velký*, kolem osy daleko rozložený, správný, to jest ostrý a věrný tak, aby mezi předmětem a obrazem byla dokonalá podoba. Při objektivu astronomickém vyloučeny jsou paprsky šikmo na objektiv dopadající, nikoliv tak při objektivu fotografickém.

Kdežto u dalekohledu dopadají na objektiv paprsky nejvýše několik *málo* stupňů s osou stroje svírající, dopadají na objektiv fotografický paprsky nejzazší, které *mnoho* stupňů s osou objektivu svírají. Objektiv astronomický odstraňuje proto vady na ose co možná úplně. K tomu — jak z uvedeného patrně — postačí úplně sestaviti objektiv ze dvou čoček. Více se jich nesestavuje proto, poněvadž záleží při dalekohledu měrou velmi značnou na tom, aby osy obou čoček splývaly v jedinou. Požadavku tomuto lze snadněji vyhověti při čočkách dvou než při počtu větším.

Objektiv fotografický odstraniti má ještě celé množství vad, vznikajících šikmo dopadajícími paprsky, proto se skládá z většího počtu čoček.

Neméně důležitým rozdílem jest také okolnost, kterou se řídí různá úprava obou objektivů, která v tom záleží, že účinek světla fotografický na desku citlivou se delším trváním expozice zesiluje, kdežto účinek světla fyziologický objeví se jen tehdy, když dostoupí určité intensity. Malými apparatusy fotografickými lze fotografovati nepatrná tělesa nebeská, kterých nelze spatřiti ani ohromnými dalekohledy.

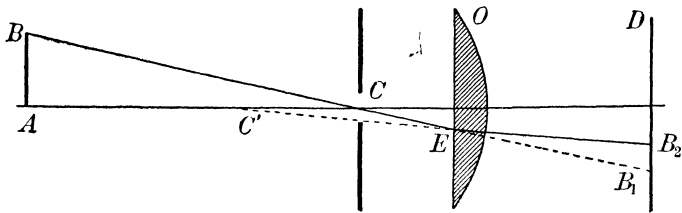
Vady objektivu fotografického vznikající šikmým dopadem jsou *skreslení předmětu*, *astigmatismus s komou* a *skřivení obrazu*.

Předmět AB (viz obr. 11.) má býti fotografován plankonvexním objektivem O.

Dopadají-li paprsky z AB na clonku C a teprve touto na objektiv O, uchýlí se paprsek BE lomem od svého směru BB₁ do směru EB₂, tak že v B₂ vznikne obrázek bodu B.

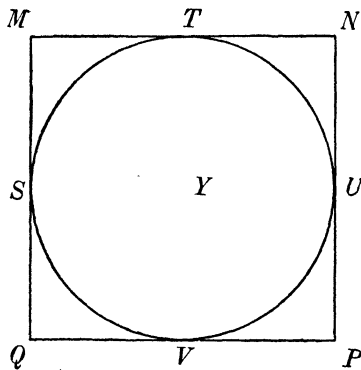
Obrázek je správným, je-li předmětu podoben, to jest, může-li býti obrázek sestrojen jako centralní průmět předmětu.

Obraz sestávající z bodů B_1 byl by podobný předmětu, vzniká centralní projekcí předmětu středem C . Skutečný obraz B_2 vzniká jakoby projekcí z jiného centra C' . Toto centrum však



Obr. 11.

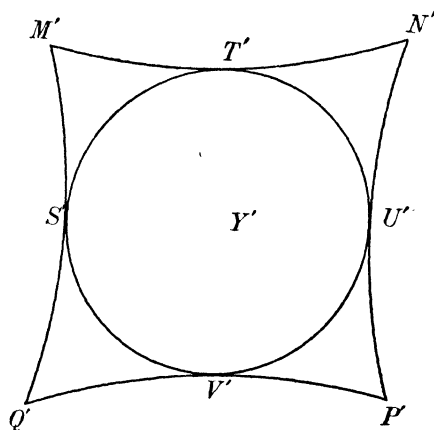
změní svou polohu, přiblíží-li se bod B k ose, tak že pro body předmětu k ose bližší leží onen bod C' blíže ku A , obrázek příslušného bodu leží *poměrně* blíže k ose nežli obrázek bodu, který je na předmětu vzdálenější a jehož centrum projekce C' padá blíže k C . Fotografujeme tímto způsobem čtverec, do něhož jest vepsán kruh a to tak, aby rovina obrazce byla kolmou k ose objektivu, jakož aby jeho osa procházela středem obrazce. (Viz obr. 12.)



Obr. 12.

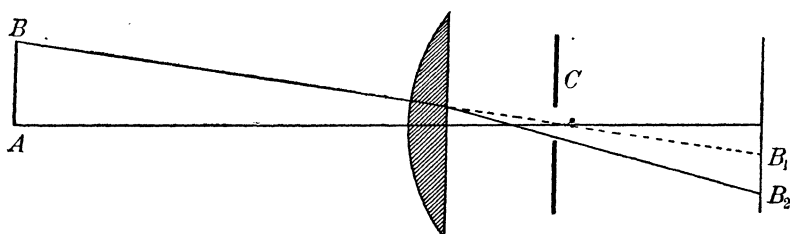
Body ležící na obvodu kruhu vepsaného (na př. S , T , U , V) jsou stejně daleko od osy objektivu, zobrazí se tedy zase na kruhu. Podobně stejně vzdálené body M , N , P , Q zobrazí

se od osy stejně daleko. Tyto body jsou však na předmětu dále od osy Y než body na kruhu a proto se zobrazí poměrně dále než bližší body S, T, U, V , tak že obrázek fotografovaný ukáže skreslení naznačené na obr. 13.



Obr. 13.

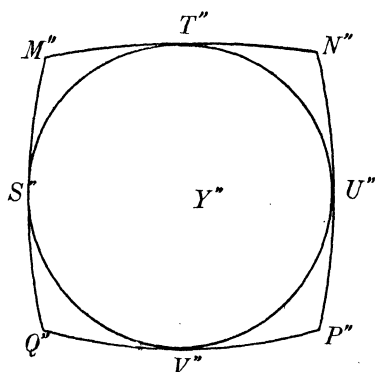
Skreslení opačného způsobu nastane, když proti předmětu obrátíme čočku povrchem konvexním a teprve za čočkou umístíme diafragmu. (Viz obr. 14.) Obraz bodu B vzniká v B_2 , dále



Obr. 14.

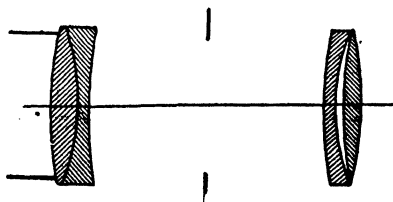
od osy nežli bod B_1 centralní projekcí sestrojený. Fotografie obrazce v obr. 12. naznačeného dává výsledek znázorněný obr. 15. Oboje skreslení je v obr. 13. a 15. schválně silně přehnáno.

Skreslení prvního případu nastává při krajinových objektivách jednoduchých, při nichž paprsky od předmětu vycházející dopadají diafragmatem na rovinnou část plankonvexní čočky.



Obr. 15.

Velikost skreslení záleží jednak na formě čočky, indexu lomu skla a na její tloušťce, jednak též na vzdálenosti clonky od čočky. Skreslení nejlépe odstraní se kompensací *pozitivního skreslení* s negativním, tedy sestrojením *symmetrického* objektivu, v jehož středu nalézá se clonka. Tak povstávají *symmetrické*



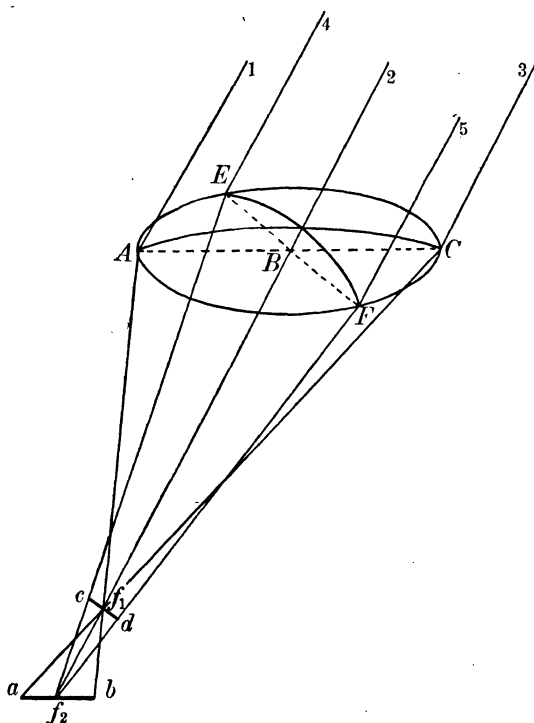
Obr. 16.

aplanaty. I nesymmetrickým spojením čoček lze skreslení úplně anebo téměř odstraniti, jak se zajímavě ukázalo na prvním dokonalším objektivu portretním, který r. 1840 sestrojil *Josef Petzval* *).

*) *Josef Petzval* (*1807 v Uhrách, †1891 ve Vídni) byl profesorem vyšší matematiky na universitě vídeňské, později dvorním radou. K vý-

Portretní objektiv Petzvalův skládá se z achromatické čočky přední a ze dvou čoček flintové konvexkonkavní a korunové bikonvexní, které *nejdou slepeny*, nýbrž pouze okrajem k sobě přitisknuty, tak že mezi nimi zůstává prostor vzduchem vyplněný. Mezi oběma částmi objektivu nalézá se clonka. (Viz obr. 16.)

Skreslení netřeba zkoušeti u objektivů symmetrických. U objektivů jiných zkoušíme skreslení tímto jednoduchým způsobem.



Obr. 17.

U kraje matné desky nakreslíme tužkou jemnou přímku, rovnoběžnou s hranou desky. Jako předmětu uijeme černého rovného drátu, který závaží napneme do polohy svislé před

počtům dokonalého objektivu vybídnut byl vídeňským *A. Ettinghousenem*, jenž v osobním styku s *Daguerrem* a *Chevalierem* v Paříži fotografií poznal.

bílé pozadí. Apparat fotografický zařídíme tak, aby obrázek drátu splýval s přímkou naznačenou. Větší skreslení ukáže se tu přímo. Při důkladnějším zkoumání, chceme-li se přesvědčiti jak daleko od středu desky skreslení se ukazuje, napneme do téže roviny vertikální několik drátů v rovných vzdálenostech a provedeme fotografii. Na negativu, díváme-li se naň proti světlu a to při značném sklonu, objeví se skreslení velmi dobře. Čáry, které pravítkem porovnávány jeví se býti přímkami, ukáží se tu jako mírné obloučky.

Nechť na čočku (viz obr. 17.) dopadají rovnoběžné paprsky 1, 2, 3, atd.). Některé z nich (1, 2, 3) leží v rovině, která prochází osou čočky a osou válcovitého svazku dopadajících paprsků. Takový svazek paprsků si zjednáme, propustíme-li paprsky na čočku clonkou kruhovou. Pokud by paprsky dopadaly rovnoběžně s osou objektivu, byla by kontura osvětlené části objektivu *kruhová*; při šikmém dopadu jest však *eliptická*. Paprsky 1, 2, 3 jdou hlavní osou této ellipsy, krajovými body hlavní osy a středem ellipsy. K těmto paprskům jest povrch čočky v obloučku AC *téže křivosti* jako při dopadu paprsků rovnoběžných s osou objektivu. Za to však paprsky 4, 5, které procházejí koncovými body vedlejší osy oné ellipsy, dopadají na čočku tak, že o jich lomu rozhoduje křivost obloučku EF.

Jest patrné, že oblouček EF má větší křivost než oblouček AC. Následkem toho neprotnou se všechny paprsky (1 až 5) po lomu čočkou *v jednom bodě*, nýbrž vzniknou *ohniska dvě* f_1 a f_2 . V f_1 protínají se paprsky 1, 2, 3, v f_2 paprsky 4 a 5.

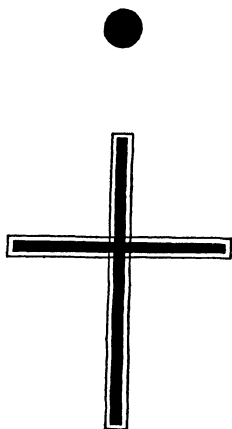
Paprsky z určitého bodu vycházející nedávají tudíž obraz bodový, *stigmatický*, ale *astigmatický*. Tato vada objektivů fotografických sluje *astigmatismus*. Jak se astigmatismus ve skutečnosti objevuje, o tom poučuje obr. 17.

V f_1 protínají se paprsky 1, 2, 3 buďtež to na př. paprsky v rovině vodorovné, vycházející od vodorovné přímky.

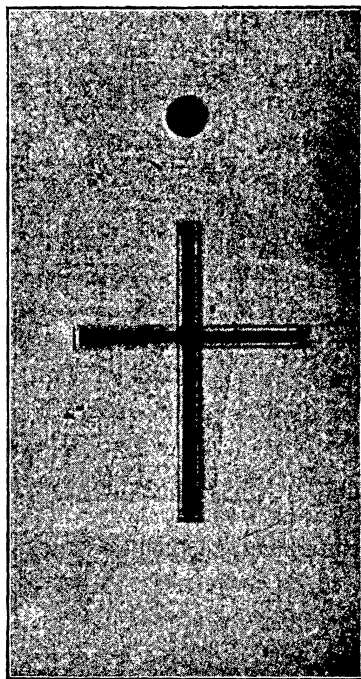
Každý bod zobrazí se v této rovině ne jako bod ale jako ploška protáhlá ve směru $c d$ — který jest k rovině nákresné kolmým, tudíž v našem případě ve směru vertikálním. Pošineme-li matnou desku aparatu do roviny f_2 , zobrazí se bod ploškou $a b$,

vodorovnou. Nalezá-li se deska fotografická mezi ohnisky f_1 f_2 zobrazuje se bod ploškou křížové podoby.

K pozorování astigmatismu objektivu hodí se za objekt kříž na bílém papíře tuší nakreslený (viz obr. 18a), který postavíme tak, aby se zobrazoval docela na kraji matné desky. Zaostríme-li postavením desky matné do ohniska f_1 , zobrazí



Obr. 18a.

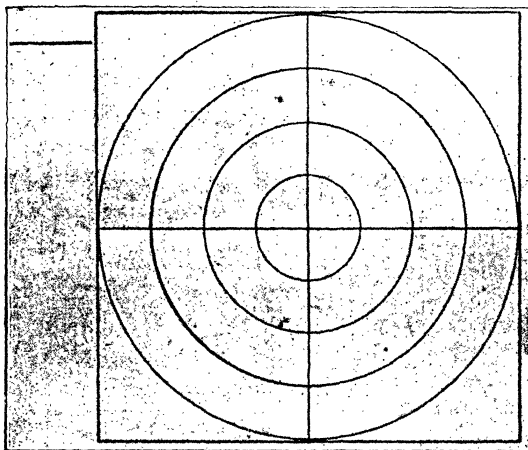


Obr. 18b.

se všechny body předmětu jako plošky protáhlé ve směru svislém, tak že na obrázku kříže bude rameno svislé ostře vystupovati, kdežto rameno horizontální bude rozmyto.

Pošíneme-li desku do druhého ohniska f_2 , zobrazí se všechny body onoho kříže jako plošky horizontální a objeví se na desce křížek, jehož vodorovné rameno svislé jest rozmazáno. Oba případy ukazuje velmi poučně horizontální rameno kříže v obr. 18b dle fotografie reprodukováného.

Astigmatismus souvisí s jinou vadou objektivů, která záleží v tom, že objektiv nekreslí obrázek předmětu *rovinného* v rovině, ale *v křivé ploše*. Zařizujeme apparatus na nějaký obrazec geometrický, kreslený na desce kartonu, kterou tak postavíme, aby rovina její byla kolmou k ose objektivu. Na obrazci, kterým může býti na př. čtverec s vepsaným kruhem (viz obr. 12.), nechť vyznačen jest střed, třeba černou tečkou. Zařídíme-li matnou desku na tuto tečku, ukáže se kontura čtverce neurčitou, zařídíme-li pošunutím matné desky k objektivu, aby strany čtverce byly ostrými, stane se střed neurčitým.



Obr. 19.

Velikost pošnutí matné desky měří největší úchylku křivé plochy, na níž se obrázek skutečně tvoří od roviny, na které jej zachycujeme. Toto skřivení obrázku můžeme také tak posouditi, že před onen rovinný předmět zapneme do stativku kousek kartonu, na němž jest ostře naznačena přímka.

Když jest pak apparatus na střed obrazce zařízen, pošnujeme stativku s kouskem kartonu tak dlouho, až se ona přímka ostře na mdlé desce zobrazuje. Odlehlost přímky od roviny obrazce měří také — ovšem v jiné míře — velikost skřivení obrazu daným objektivem.

Obř. 19. ukazuje reprodukcii fotografie rovinného obrazce (soustředné kruhy do čtverce vepsané) objektivem „rectigraf“ od f. Lancaster Birmingham a to při plném otvoru ($f : 6$) na desku 13×18 cm. Ohnisková dálka tohoto objektivu jest 22.5 cm. Obrázek byl fotografován ze vzdálenosti 67.5 cm. (od clonky objektivu) při tom se strany k předmětu s jeho rovínou rovnoběžně posunut kousek kartonu s vyznačenou přímkou. Karton posunován tak dlouho, až se objevil obrázek přímky na kraji desky ostrým. Pošínutí od roviny činilo 4 cm, v souhlase s tím bylo pošínutí matné desky, byla-li zařizována také na kraj předmětu. Toto pošínutí obnášelo 2 cm (obrázek měl poloviční velikost předmětu).

Abychom souvislost astigmatismu se skřivením obrazu lépe posoudili, představme si symmetrický aplanat, jehož obě polovice lze k sobě přibližovati, nebo navzájem vzdalovati. Vzdálenost obou částí objektivu budiž z počátku menší než při objektivu definitivně upraveném. V tom případě pozorujeme značné skřivení obrazu, ale mizící téměř astigmatismus. Zařídíme-li apparatus, takovým objektivem opatřený, na předmět rovinný, jest na př. střed obrazu ostrý, kraje však rozmazány. Pošínutím matné desky lze zaostřiti na kraj obrázku, který se objevuje býti prostým všeho astigmatismu, za to jest však střed skřivením obrazu neostrým. Změníme-li vzájemné postavení obou polovin aplanatu, vzdálíme-li je poněkud od sebe, napraví se poněkud vada skřivení obrazu, skřivení bude menší, na krajích desky však vystoupí vada druhá, astigmatismus objektivu.

Objektiv lze tak upravit, aby obraz pokud možno rovinný spadal svou polohou mezi obě ohniska f_1 f_2 paprsků šikmých, Když v tomto případě jest rozdíl obou ohniskových dálek $f_2 - f_1$ nejmenší, a rovina obrazová symmetricky k oběma ohniskům položena, dosahuje se nejlepšího „anastigmatu“.

V posledním desetiletí nejen důmyslnými výpočty theoretickými ale též praktickým vynálezem nových druhů skla optického zdokonaleny anastigmaty měrou podivuhodnou.

Starší druhy skla jest možno seřaditi tak, že druh menší lamavosti, menšího indexu lomu, má také menší rozptyl, jak patrno z tabulky následující.

	čára D	čára C	čára F	Rozptyl F-C	ρ
Korunové sklo měkké	1·515	1·513	1·521	0·008	64·4
tvrdé	1·534	1·527	1·537	0·010	53·4
Flintové lehké	1·587	1·583	1·597	0·014	41·9
střední	1·612	1·607	1·623	0·016	38·2
těžké	1·704	1·697	1·721	0·024	29·2
nejtěžší	1·751	1·743	1·772	0·029	25·9

V tabulce udány jsou indexy lomu pro čáry Fraunhoferovy C, D, F a pro význačné starší druhy skel.

Koefficient rozptylu jest vypočten v sloupci posledním.

Užiti těchto druhů skla k odstranění astigmatismu nebylo možno, poněvadž požadavek theoretický zněl, nalézti prostředí lámavé, jehož *index lomu* by byl sice *značný, rozptyl* však *poměrně malý*.

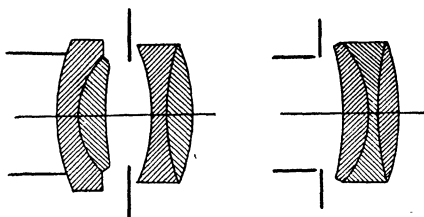
Veliké zásluhy o nalezení druhu skla těchto optických vlastností dobyli sobě *E. Abbe* a *O. Schott v Jeně*. Sklo ideálních vlastností fotografických mělo by míti index lomu 1·637 a rozptyl 0·0145. Takovýto druh připravit se nepodařilo, ovšem že pak druhy tomuto dosti blízké, na př. sklo *barytové* indexu 1·611 a rozptylu 0·0138.

Výpočty anastigmatu provedli *P. Rudolf* (pro firmu C. Zeiss v Jeně) *E. Hoëgh* (pro firmu C. P. Görz v Berlíně) a *Kämpfer* (pro f. Voigtländer v Brunšvíku.)

Původní anastigmat byl objektiv dvojitý (dublet); jeho části skládaly se ze dvou neb i ze tří čoček. Obě části byly pro sebe sféricky korigovány (po případě i achromatisovány); spojka v jedné části zvolena ze skla menšího indexu lomu nežli příslušná (připojená) rozptylka, v druhé části pak měla spojka větší index lomu než připojená část rozptylná. Skládá se tedy anastigmat na př. z části přední, která obsahuje čočku korunovou malého indexu lomu a čočku flintovou velkého indexu lomu, za to zadní část složena jest z čočky korunové velkého indexu a ze slabě lámavé čočky flintové. Nejsou-li obě části pro sebe achromatisovány, opraví se aberrace chromatická vhodným spojením těchto částí v dublet.

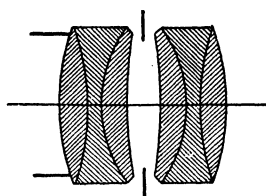
Anastigmaty symmetrické skládají se ze dvou symmetrických částí, z nichž každá je jakoby sraženým dubletem původním.

Obr. 20. ukazuje, jak z původního dubletu povstává jediná čočka anastigmatická, jež vnitřní dvě čočky dubletu v jedinou spojuje. Z takovýchto čoček trojitých (po případě čtyřnásobných) symmetrickou úpravou vznikají symmetrické anastigmaty.

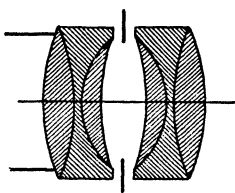


Obr. 20.

Na obr. 21. naznačen jest *anastigmat Zeissův*, od něhož se jen nepatrně liší „*dvojitý*“ *anastigmat Görzův* (viz obr. 22.)

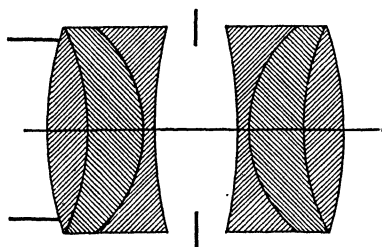


Obr. 21.



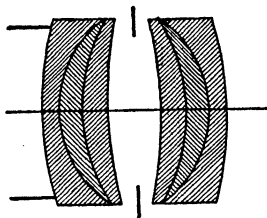
Obr. 22.

V jiném pořádku sestaveny jsou čočky „*orthostigmatu*“ Steinheilova (viz obr. 23.), a ze tří čoček formy meniskové sestaven



Obr. 23.

jest *kollinear* Voigtländerův. (Viz obr. 24.) Anastigmaty uvedené hodí se jak pro portrety a fotografování skupin, tak také pro obrázky krajin a architektur. Proto jim do jisté míry právem patří název objektivů *universalních*. Jakkoliv objektiv symetrický odstraňuje některé vady objektivů zcela hravě, přece jest zajímavo zmíniti se o jiném způsobu odstranění astigmatismu, které navrhl *Steinheil*. Při symetrické úpravě — jak již uvedeno bylo — souvisí vždy astigmatismus se skřivením obrazu



Obr. 24.

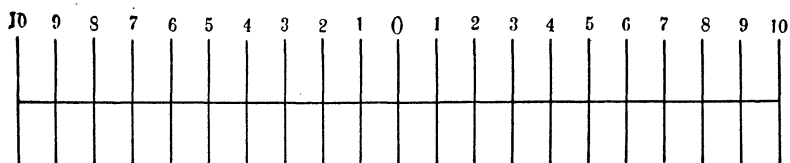
a to tak, že *nelze obě vady zároveň* odstraniti. Naproti tomu při objektivěch assymetrických podobné *úzké* souvislosti není, a lze sestrojiti — jak *Steinheil* dokázal — objektivy, které při značném otvoru ($f:5$) obrazu neskřivují a astigmatismu neukazují. Assymetrické tyto objektivy nazval *Steinheil antiplannety*. Skládají se ze dvou párů čoček, z nichž každý pár *ne-koriguje* vady své *pro sebe*, ale teprve oba páry korigují se *vzájemně*.

Zkoušení astigmatismu nutno vždy prováděti zároveň se zkouškou skřivení obrazu, neboť dvě tyto vady stejně hlasují o jakosti objektivu.

K pozorování hodí se velmi dobře na velkém archu kreslicího papíru silnými přímkami nakreslená škála. (Viz obr. 25.)

Apparat postavíme tak, aby osa jeho mířila k nullovému dílci na škále, aby pak zároveň byla kolmou k rovině škály.

Zařídíme-li na střední dílec, neukáží se všechny vertikální přímky dělení stejně ostře. Objektiv astigmatický ukáže na krajích na př. jak čáru vertikální, tak i horizontální, neostře. Pošnutím desky matné v jednom směru zůstí se obraz na př. čáry vertikální, za to obraz čáry horizontální bude neostrým, naopak pošnutím desky matné ve druhém směru ukáže se obraz čáry vertikální neostrým, za to se zůstí obraz přímky horizontální. K měření astigmatismu jakož i skřivení pole obrazového zařídíme



Obr. 25.

si komoru apparatusu tak, aby délka výtahu, t. j. vzdálenost matné desky od objektivu mohla býti měřena, a odečítáme pak pro různé vzdálené části obrazu od středu (pro různé vertikaly 1, 2, 3, ...) všechna tři postavení, především pro zaostření středu — ideální to rovinu obrazovou, zaostření na ohnisko f_1 a konečně zařazení na ohnisko f_2 .

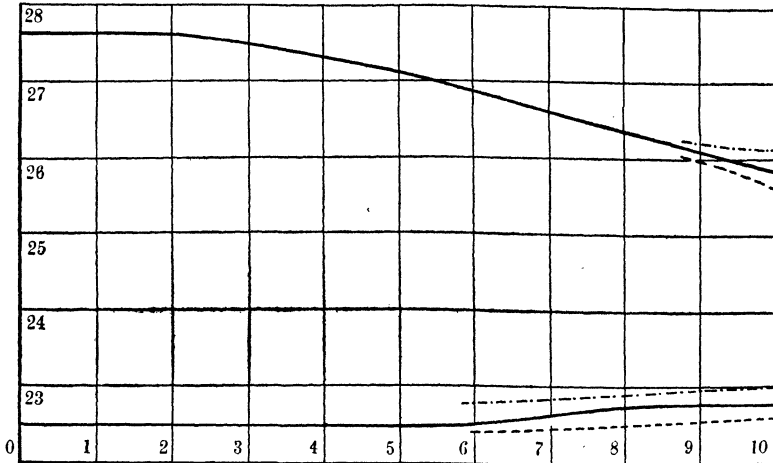
Jak rozdíl $f_2 - f_1$ vyjádřený jako zlomek $\frac{f}{f_2 - f_1}$, kde f značí ohniskovou dálku zkoumaného objektivu, tak také odlehlost f_1 a f_2 od ideální roviny obrazové určují hodnotu objektivu.

Za příklad uvedena buďtež měření autorova provedená na objektivěch: „Rectigraf“ (firmy Lancaster Birmingham) a Anastigmat (f. Rochester & Comp. v New Yorku).

Zaostřeno na dílec škály	Lancaster Rectigraf $f = 22.3 \text{ cm}$				Rochester Anastigmat $f = 18.4 \text{ cm}$			
	b	$f_1 - f_2$	$\frac{f}{f_1 - f_2}$	α	b	$f_1 - f_2$	$\frac{f}{f_1 - f_2}$	α
	<i>cm</i>				<i>cm</i>			
0, 1, 2	27.60				22.50			
3	27.45			7.5°	22.50			
4	27.28			9.9	22.50			
5	27.12			12.3	22.48			14.4°
6	26.85				22.58			
6				14.7	22.79	0.38	49	17.1
6—					22.41			
7	26.60				22.58			
7				17.0	22.86	0.43	43	19.8
7—					22.43			
8	26.31				22.78			
8				19.3	22.90	0.60	45	22.3
8—					22.50			
9	26.08				22.78			
9	26.20	0.23	97	21.5	22.99	0.42	44	24.8
9—	25.97				22.57			
10	25.87				22.78			
10	26.10	0.48	46	23.6	23.02	0.44	42	27.2
10—	25.62				22.58			

Jak patrně z uvedených čísel, má „rectigraf“ značnou vadu skřivení obrazu, naproti tomu ukazuje velmi nepatrný astigmatismus. Astigmatismus jeho jest pouze na kraji pole, pro paprsky svírající s osou úhel 24° , takový jako astigmatismus objektivu druhého. Ještě přehledněji než uvedená čísla charak-

terisují se oba objektivy křivkami, jež jsou z čísel pozorovaných sestrojeny na diagramu (obr. 26.).



Obr. 26.

Křivky plně vytažené značí takové postavení desky matné, při němž obrázek škály jest co nejostřejší. Křivky čárkované a čerchované značí zaostření na obrázek vertikální (f_1) a zaostření na obrázek horizontální (f_2).

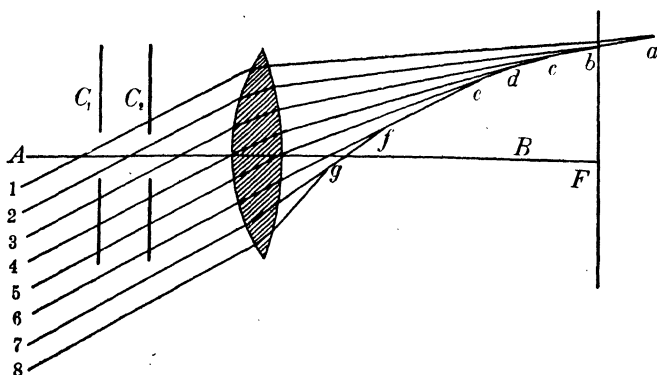
Značné skřivení obrazu při objektivu „rectigraf“ jeví se prudkým sklonem křivky k ose úseček. Objektiv „anastigmat“ ukazuje jen nepatrné skřivení pole, za to však větší astigmatismus.

Při objektivěch assymetrických, čočkách krajinových a některých objektivěch portretních vyskytuje se vedle astigmatismu vada, která se *komou* nazývá.

Nechť dopadá na čočku (viz obr. 27:) svazek paprsků rovnoběžných k ose silně skloněných 1, 2, 3, 4, atd. Všechny tyto paprsky neprotínají se v jediném bodě, nýbrž v řadě bodů, které průsekem dvou sousedních paprsků určeny, dány jsou body a , b , c , atd.

Umístíme-li před čočkou clonku do polohy C_1 , pak z šikmých oněch paprsků clonkou projdou a na čočku dopadnou pouze

paprsky sousední 1 a 2, které se protnou v bodě a . Když by bod F značil ohnisko čočky, pak neleží bod a v rovině ohniskové a nastalo by skřivení obrazu. Pošnutím clonky do polohy C_2 propustily by se paprsky 2 a 3, které se lámou tak, že se protínají v bodě b , jenž leží právě v ohniskové rovině. V tom případě nenastalo by skřivení obrazu. Z uvedeného patrně, jak mnoho záleží na postavení clonky vzhledem k objektivu krajínovému. Zároveň jasno, že clonka nesmí býti velikého průřezu, jinak by neprocházely jí pouze paprsky sousední, ale svazek paprsků, který by vedle ostrého obrazu v b způsobil osvětlení



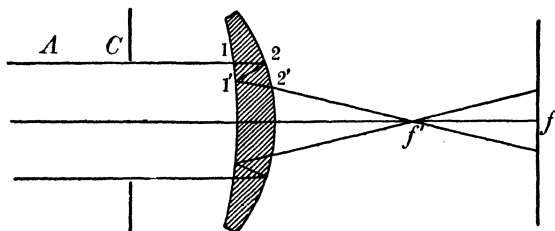
Obr. 27.

na ploše od b se rozkládající v podobě rozplynuté záře. Rozplývání v hořejším případě nastalo by ve směru od osy objektivu. Tato vada sluje *komou*. Přichází ve spojení s astigmatismem tak že oba zjevy se pozorují současně. Zařídíme-li komoru s objektivem, jenž jest astigmatický a má *komu*, na obrázek slunce zrcadlící se v kouli skleněné, otočíme-li pak komorou na stativu, tak aby obrázek padl na kraj desky matné, uvidíme nejen místo světlého bodu protáhlou čárku (horizontální nebo vertikální) nebo plošku křížovitou, ale též světlý proužek, jehož intensity k jedné straně ubývá, při čemž se zároveň onen proužek rozšiřuje.

Koma odstraňuje se — alespoň z větší části — zároveň

s astigmatismem vhodným zakřivením čoček a volbou příhodného druhu skla. Úplně odstraní se kompensací při objektivu symmetrickém.

Uvedenou řadou vad objektivů fotografických nejsou ještě všechny vyčerpány. U dokonalého objektivu — totiž u takového, který nemá uvedených dosud vad — může se státi, že obrázek jím exponovaný pozorovatele velice sklame. Na desce objeví se „závoj“, ačkoliv kasetta je dobrá, komora nikde světlo nepropouští atd. Závoj jest jen na některých místech v podobě skvrn. Takovoto skvrny povstávají odrazem světla na křivých plochách objektivu.



Obr. 28.

Dopadá-li clonkou C (viz obr. 28.) na objektiv paprsek A, projde u rozhraní 1 do čočky, lomí se na rozhraní 2 a vytváří obraz v f .

Jest však známo, že při dopadu paprsku na dvě rozhraní část světla se vždycky odráží. Proto se vrací část světla od rozhraní 2 na rozhraní 1' a může odtud novým odrazem a průchodem plochou 2' dopadat na desku fotografickou. Dvojnásobným vnitřním odrazem *změní* se však původní směr paprsků, a následkem toho vytvoří se paprskem 1'2' nový obraz v bodě f' .

Je-li objektiv složen z několika čoček, zvláště, je-li to dublet nebo triplet, mohou nastati velmi četné odrazy, které způsobí pak na některých místech desky fotografické skvrny. Velikost skvrn takových záleží na velikosti clonky, zmenší se, zmenšíme-li clonku. Světlost skvrn se tím však *nezmenší*. Proto se tyto skvrny, vzniklé zrcadlením křivých ploch objektivu, objeví

spíše při užití malých clonek — tedy při delší expozici, kdy slabé světlo odražené může účinek fotografický způsobiti.

Skvrny zrcadlením nalezneme obyčejně na fotografiích interrierů, kde jest nějaký zvláště světlý předmět, okno, rozžatá lampa a pod. Tato vada objektivů odstraňuje se při jich hotovení takovou volbou zakřivení příslušných ploch objektivu, aby obraz f' vznikal co možná daleko od f , tím se intenzita skvrny tak zmenší, že se — zvláště při kratší expozici — vůbec neukáže.

Zrcadlení složených objektivů způsobuje, i když jen v nepatrné míře se vyskytuje, obrázky *málo živé*, ploché, proti nimž plasticky vynikají obrázky fotografované často jednoduchými objektivy.

Století galvanického článku.

Referuje

dr. Jiří Guth, professor v Praze.

Není dojista třeba vykládati o významu elektrické síly, jakého nabyla za století svého trvání vůbec a v letech posledních zejména. Dnes, kdy síla elektrická už dávno se přestěhovala z badatelova kabinetu fyzikálního a z učebných síní do života praktického a na ulici, každé dítě dovede chápati její význam. Ale význam ten ještě větší jest, uvážíme-li, že tomu teprv nedlouhých sto let a právě sto let, co síla elektrická článkem stala se přístupnější praxi mnohem více než před tím. Ba článek býval kdysi jediným praktickým zdrojem elektrického proudu. Arci, od těch dob, co nalezeny proudy indukční a co stroje dynamoelektrické byly zdokonaleny, důležitost článků valně klesla — nemohou čeliti strojům ani se stanoviska hospodářského, aniž jsou pohodlnější, jde-li o proudy intenzivní, a jenom ještě pro proudy slabé a pravidelné, pak pro přerušované užívání proudů poskytují jistých výhod. Ale přes to historická důležitost článku galvanického proto nejen že není menší, než naopak jen roste s rozvojem aplikace síly elektrické. A tak jako vloni