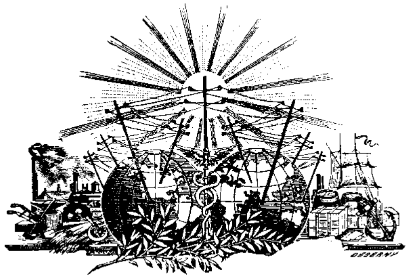


Δ! 16.92

INTERNACIA SCIENCA KOLEKTO

ELEMENTA
FOTOGRAFA OPTIKO

Originale verkita en *Esperanto*

de

KARLO-VERKS

PER ESPERANTO ☆ POR ESPERANTO

El la Kolektjo
FAJSZI Budapest
al Sro
José J. Lunazzi

FAJSZI Károly

PARIS
PRESA ESPERANTISTA SOCIETO
33, RUE LACÉPÈDE, 33
1906

Al

mia Profesoro de Esperanto

Th. Cart

mia kondukanto al la vojo Esperanta,

al

P. Fruictier

mia kondukanto sur la vojo Esperanta,

mi dediĉas tiun unuan verkon kiel esprimo de mia dankemo.

KARLO-VERKS.

ANTAŬPAROLO

Tiu verketo celas la fotografantojn, kiuj, jam iom kutimintaj je la fotografaj operacioj elementaj, deziras atingi pli grandan perfekton en sia laboro, per pli racia uzado de siaj objektivoj. Por tio estas necese ke ili lernu, almenaŭ elemente, la fizikajn regulojn, kiuj regas la formadon de optika bildo, ĉar la kvalito mem de tiu bildo estas unu el la plej gravaj faktoroj konsiderotaj por la bona prospero de fototipo.

Kiom multaj estas la amatoroj, kiuj, posedantaj bonegan fotografilon, ricevas nur malbonajn kliŝojn, tial ke ili ne konas sian objektivon ! Ili plendas, ja tre malprave, ke la fotografilo estas malzorge reguligita, ke ĝi liveras grizajn kaj konfuzajn fotografaĵojn ; ili plendas ke, per tiu fotografilo tiel altpreza, ili ricevas rezultatojn *pli malbonajn* ol per fotografilo, pli ordinara, pli malmulte kosta, provizita per *lensaĉo* kostinta nur kelkajn monerojn ! !

Sed ili ne povas konsenti ke tiuj malprosperoj devenas nur de ilia nescio, kaj malaperus, se ili bonvolus serioze studi la proprecojn de l'objektivo, kiun ili kulpigas. por lerni tion, kio ĝi estas, kaj scii profiti ĝiajn kvalitojn tro ofte malbone utiligatajn.

La celo de tiu verketo estas konigi tre elemente al tiuj, kiuj bonvolos donaci al ĝi iom da atento, kio estas objektivo.

Por tio, mi klopodis kunigi en formo kiel eble plej simpla, la sciigojn disigitajn en la traktatoj pri Optiko [1], kaj kiuj estas tiel utilaj kaj tiel necesaj por bone prosperi en fotografado. Ĝi povu fari la servon, kiun tiom da amatoroj postulas, kaj efektivigi mian deziron : esti utila gvidilo por tiu, al kiu la laboro per intuitivo kaj dubaj provetoj ne sufiĉas, kaj kiu deziras lerni sian objektivon por uzadi ĝin pli racie, ne enirante por tio, en la malfaĉilajn teoriojn de la supera Optiko.

Je la vidpunkto de la lingvo Esperanto, tiu verketo enhavas multegon da terminoj kaj vortoj, kiuj ne estas ankoraŭ en la vortaroj. Ilin mi ne intencas trudi, sed ilin mi nur proponas al la kompetentuloj. Kaj mi bonvole aliĝos al la terminoj, kiuj tradukos pli precize kaj pli fidele ol tiuj, kiujn mi uzis, la diversajn esprimojn de la fotografa lingvo.

En Parizo, Januaro 1906. K. V.

---

(1) Precipe en la bonegaj verkoj de S-roj E. WALLON kaj MOESSARD

ELEMENTA

FOTOGRAFA OPTIKO

Kiam fotografanto, deziranta sciiĝi pri tio, kio okazas en lia objektivo dum ĝia uzado, malfermas libron de fotografado iom kompletan, li estas ofte surprizata de la multnombraj teknikaj terminoj, kiuj ekaperas antaŭ liaj okuloj.

Mi tuj provos kunigi tiujn teknikajn esprimojn, kiujn oni renkontas ĉiumomente en fotografa parolado, kaj ilin klarigi, klasigante ilin tiamaniere, ke ilia senpera kompreniĝo iĝu facila por ia ajn leganto. Plie mi rememorigos en la teksto mem la numerojn de paragrafoj, kie vorto teknika estas klarigita, por ke tien oni povu relerni ĝin, se oni ĝin ne memorus plu.

☆

I.

OPTIKAJ FENOMENOJ

DE LA LUMAJ RADIOJ.

1. — Fasko kaj radio.

Oni nomas *radio* luman strekon tre maldikan, elirantan el ajna *luma fonto*. *Fasko* estas aro da multaj radioj elirintaj el sama fonto. Kiam fasko estas maldika, oni nomas ĝin *fasketo*.

2. — Rifrakto.

Luma radio trairas laŭ rekta linio en *homogena medio*, t. e., en medio samnatureca. Kiam ĝi iras oblikve de unua diafana medio en duan pli-malpli densan, ĝi fleksiĝas laŭ kvanto pli malpli granda. Tiu fleksiĝo de luma radio trairanta du diafanajn mediojn malsame densajn, estas la fenomeno nomata *rifrakto* (fig. 1).

La medioj kie rifraktas la lumaj radioj, estas nomataj *rifraktigaj medioj*.

La tri elementaj leĝoj de l'rifrakto por luma radio unukolora estas simplaj. Ili estas :

1-e) La *incida radio* (radio alfalanta) kaj la *rifrakta radio* (radio fleksiĝinta) estas ĉiam en sama ebeno *(la rifrakta ebeno)*, perpendikla al la surfaco disiganta la du mediojn malsame densajn. Tiu surfaco estas nomita : *rifraktiga surfaco* (fig. 1, S. S.).

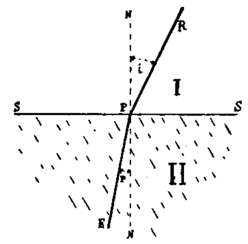
2-e) Se la dua medio estas pli densa ol la unua, la rifrakta radio, kliniĝante, alproksimiĝas la *normalon* N. N. (perpendiklo al la rifraktiga surfaco ĉe la *kontaktpunkto* P de la incida radio : tiu punkto estas la *incideca punkto*). Tia estas la okazo kiam luma radio iras de aero en vitron aŭ akvon. Se kontraŭe la dua medio estas malpli densa ol la unua, la rifrakta radio malproksimiĝas de la normalo, kiel en okazo de radio iranta de akvo aŭ vitro en aeron. Oni diras tiam ke vitro kaj akvo estas pli *rifraktigaj* ol aero.

La *rifraktiga poveco* aŭ *rifraktigeco* de substanco estas ĝenerale rilata kun ĝia denseco.

Oni nomas *incideca angulo*, la angulon, *i*, formitan de la incida radio kun la normalo alkondukita de la rifraktiga

surfaco ĉe la incideca punkto. La *rifrakteca angulo* estas tiu, *r*, formita de la rifrakta radio kun tiu ĉi normalo.

3-e) La *sinuso* de incideca angulo kaj la sinuso de rifrakteca angulo estas ĉiam laŭ *konstanta rilato* por samaj substancoj kaj sama luma radio, kia ajn estas la incideca angulo, t. e. la oblikveco de l'incida radio. Tiu rilato estas nomita *rifrakt-indico*. Ĝi estas la kvociento de la sinuso de l'incideca angulo per la sinuso de la rifrakteca angulo.



F. 1.

I unua medio.
II dua medio.
S S rifraktiga surfaco.
N N normalo.
R P incida radio.
P incideca punkto.
P E rifraktiga radio.
i incideca angulo.
r rifrakteca angulo.

La rifrakt-indicoj de la diversaj substancoj estas ĝenerale skribataj per nombroj, kiuj prezentas iliajn rilatojn kun unuo elektita, kiu estas ĝenerale akvo aŭ aero.

Rimarko. Kiam luma radio falas perpendikle al la rifraktiga surfaco, tiam okazas nenia rifrakto : la incida radio kaj la rifrakta estas laŭ la sama rekta linio.

3. — Reflekto.

Dum la rifrakto estas fenomeno okazanta kiam radio *trapasas* du mediojn, la *reflekto* okazas kiam la dua medio estas nepenetrebla de la lumo, kaj ĝia surfaco sufiĉe glata. La tuta fenomeno okazas do *en la sama medio*.

La leĝoj de la reflekto havas iom da simileco kun tiuj de la rifrakto :

1-e). La *incida radio* (**2**) kaj la *reflekta radio* estas ĉiam en sama ebeno perpendikla al la *reflektiga surfaco* ĉe la *reflekteca punkto*.

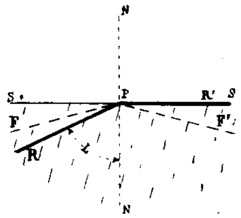
2-e). La *incideca angulo* (**2**) kaj la *reflekteca angulo* estas ĉiam egalaj.

Se la reflekto okazas ĝenerale kiam la dua medio estas nepenetrebla de la lumo tamen ĝi ankaŭ povas okazi kiam la du medioj estas penetreblaj, t. e. diafanaj (transparentaj). Ni tuj vidos (**4**).

4. — Tuta reflekto.

Kiam luma radio trairas de unua medio en duan malpli rifraktigan (**2**), de l'akvo aŭ vitro en aeron ekzemple, povas okazi momento, kiam la incideca angulo atingas ian valoron, kaj,

laŭ la leĝoj de l'rifrakto, ke la rifrakta radio P R' eliras paralele je la rifraktiga surfaco S S (fig. 2.) Ĉe tiu okazo, la incideca angulo L havas valoron nomitan *lima angulo*, ĉar tiu valoro estas la plej granda, kiun ĝi povas atingi por ke la fenomeno rifrakta okazu. Se ĝi estas pli granda, la luma radio ne povas eliri el la medio, kaj tute reflektas en la sama medio, ekz. : la radio F P F'. Tio estas la fenomeno de *tuta reflekto*. Ĝi estas la sola kazo en kiu luma radio povas reflekti *sen ia elperdiĝo*.



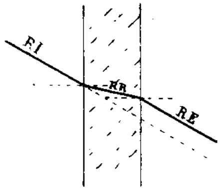
F. 2.

S S rifraktiga surfaco.
N N normalo
R P R' radio rifrakta, kiu eliras paralele je la rifraktiga surfaco.
L lima angulo.
F P F' radio tute reflektinta.

La lima angulo varias laŭ la rifraktigeco de l'substanco.

5. — Rifrakto tra medio havanta paralelajn surfacojn.

Kiam radio trairas medion limigitan per du rifraktigaj surfacoj (**2**) paralelaj, la *elira radio* eliras laŭ direkto paralela je la incida radio, kiam la du ekstremaj medioj (ĉirkaŭaj medioj) estas samnaturecaj. Ekzemple : lameno el vitro en aero. La elira radio estas simple reĵetita flanken ; ĝia direkto restas sama (fig. 3).

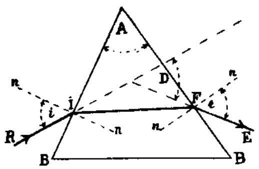


F. 3.

R I ncida radio.
R R rifrakta radio.
R E elira radio.

6. — Rifrakto tra medio havanta neparalelajn surfacojn. — Prismo.

Sed kiam du ebenaj surfacoj rifraktigaj (**2**) ne estas paralelaj, la medio diafana, kiu interestas, estas nomata *prismo* (fig. 4). La renkontiĝo de la du rifraktigaj surfacoj estas nomata *akraĵo de l'prismo*, kaj l'angulo A, kiu interestas, *rifraktiga angulo*.



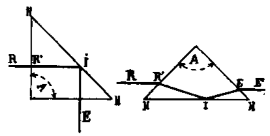
F. 4

PRISMO
A rifraktiga angulo.
B B bazo de l'prismo.
R I incida radio.
I F rifrakta radio.
F E elira radio.
n n normaloj.
i incideca angulo. — *e* elireca angnlo.
D devieca angulo.

La angulo D, formita de la plilongigaĵoj de la incida kaj de la elira radio estas nomata *devieca angulo*.

7. — Prismo por tuta reflekto.

Prismo, kies sekco estas ortangula triangulo izocela, ebligas la fenomenon de tuta reflekto (**4**), kiam la radio incidas konvene. La reflekto fariĝas kontraŭ la interna surfaco hipotenuza de l'prismo. Tiu prismo estas nomata, dank'al sia propreco, *prismo por tuta reflekto* (fig. 5). Ĝenerale, la tuta reflekto observiĝas en prismo, kiam la rifraktiga angulo (**6**) estas almenaŭ pli granda ol la duoblo de la lima angulo (**4**) de l'substanco, kiu ĝin komponas.



F. 5.

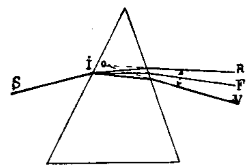
PRISMO POR TUTA REFLEKTO
RR' radio incida.
R' I E reflekta radio.
H H hipotenuso.
A rifraktiga angulo.

8. — Spektro.

La rifrakt-indico (**2**) varias ne sole laŭ la rifraktigeco, la denseco de medio, sed ankaŭ laŭ la longeco de vibradoj de la lumo, t. e. laŭ la koloro de l'radio. Nur por simpligi la klarigojn, ĝis nun ni supoze (**2**) priparolis radion unukoloran.

La radioj diverskoloraj estas do malsame rifraktigataj, tial ke ĉiu el ili havas malsaman longon de vibrado.

Oni scias ke la blanka lumo estas kunmetata de sep fundamentaj koloroj : viola, indiga, blua, verda, flava, oranĝa kaj ruĝa. Ĉar la radioj bluaj kaj violaj havas plej rapidajn kaj mallongajn vibradojn, ili pli fleksiĝas ol la radioj flavaj kaj ruĝaj, kies vibradoj estas pli longaj kaj pli malrapidaj (fig 6). Oni diras ke la radioj violaj kaj bluaj estas pli *rifraktemaj* ol la aliaj. Se do oni ricevas sur rifraktiga surfaco faskon el blanka lumo, tiu ĉi disiĝas, ĉar ĉiu el koloraj radioj, kiuj ĝin komponas, rifraktas laŭ sia *rifraktemeco*, la bluaj pli ol la flavaj, tiuj ĉi pli ol la ruĝaj. Fine, aperas sur la skreno, kien projeciiĝas la fasko eliranta, kolora bendo produktita de la vastiĝo de tiuj koloroj deventaj de la malkompono de la blanka lumo per rifrakto. Tiu kolora bendo estas nomata *spektro*



F. 6.

S i fasko el blanka lumo.
R elira radio ruĝa.
F — — flava.
V — — viola.
R O V dispersa angulo (**10**).

Tiu malkompono de la blanka lumo per vitra prismo estas tre konata de ĉiuj.

9. — Strekoj de spektro.

Kiam oni observas atente spektron produktatan de tre maldika fasketo el blanka lumo trairanta prismon, kiu havas surfacojn tre ebenajn kaj sen iaj strioj, oni rimarkas ke la koloroj de l'spektro ne estas senintermankaj : la spektro estas strekata, laŭlarĝe, de *mallumaj strekoj*, tre maldikaj, kvazaŭ ne ekzistus radiaĵoj respondantaj je tiuj gradoj de rifrakto. Tiuj strekoj ne estas samaj laŭ la deveno de la lumo. Sed, por unu lumo, ili ja estas ĉiam en regionoj precize determinitaj en la spektro. Tiuj strekoj, kiuj estas uzataj fizike por analizi la komponon de lumoj kaj substancoj, estas ankaŭ uzataj optike kiel gvidstrekoj por mezuri la gradojn de rifrakteco. Oni interkonsentis, por mezuri la rifrakt-indicon de ajna substanco, elekti la indicon de koloro respondanta je unuobla streko elektita kiel gvidilo, en la spektro de sunlumo. Tiu streko sidas en la flavo : ĝi estas la streko D, kiu karakterizas la ĉeeston de natrio en la luma fonto.

10. — Disperso.

Kvankam du substancoj havus saman rifraktigecon (**2**), ili povas ne formi du spektrojn (**8**), kiuj havus saman vastecon. Oni do devas konsideri, krom la fenomeno de rifrakto, tiun de *disperso*, t, e. la vastecon de spektro.

Oni nomas *disperseca angulo*, l'angulon formatan de unu el la ekstremaj radioj ruĝaj, kaj unu el la ekstremaj violaj de spektro. La *povo dispersiga*, aŭ *dispersigeco* de substanco, estas la valoro de la disperseca angulo de ĝia spektro.

Ĉiu rifraktiga subtanco havas do, krom ĝia rifraktiga poveco, dispersigecon, kiu estas propra je ĝi. Iam oni fabrikis vitrojn, kies dispersigecoj estas proksimume laŭ la rilato de iliaj rifraktigecoj ; sed nun, estas eble fabriki vitrojn, kiuj povas posedi fortan dispersigecon kun malforta rifraktigeco, kaj reciproke. Ni vidos, priskribante la objektivojn anastigmatajn, la uzadon de tiaj vitroj (**63**).

La dispersigeco de substanco estas mezurita per la rilato inter la rifrakt-indicoj por du strekoj (**9**) sidantaj en la ekstremaj radioj spektraj.

11. — Radioj ultra-violaj kaj infra-ruĝaj.

Oni scias nun, ke spektro ne estas limigata ĉe sia videbla parto, sed ke ĝi etendiĝas trans ĉiu ekstremo per mallumaj radioj ne videblaj senpere. La parto sidanta trans la ruĝo estas nomata *infra-ruĝo* kaj enhavas precipe la plej varmajn radiojn de la lumo. Ili estas radioj kun longaj kaj malrapidaj vibradoj, sekve *malmulte rifraktemaj* (**8**).

La alia parto nevidebla de spektro, sidanta trans la violo, estas nomata *ultra-violo*, kaj enhavas precipe ĉiujn radiojn ĥemiajn (1) de la lumo, t. e. tiujn, kiuj impresas plej forte la ĥemiajn subtancojn uzatajn en fotografado. Ili estas radioj havantaj mallongajn kaj rapidajn vibradojn, kaj sekve ili estas tre rifraktemaj. Oni ankaŭ nomas ilin fotografe, *aktinecaj radioj* (impresemaj radioj).

*

*   *

II.

LENSOJ KAJ OBJEKTIVOJ.

OPTIKAJ FENOMENOJ DE LA FASKOJ TRAIRANTAJ LENSON

12. — Lensoj.

Oni nomas *lenso* medion diafanan limigatan de kurbaj surfacoj.

Oni uzas ĝenerale lensojn je sferaj surfacoj. Kunmetante kune la sferajn surfacojn, aŭ sferan kun ebena surfaco, oni ricevas ses formojn de lensoj. Tiujn lensojn oni povas klasigi en du klasoj :

1-e) *lensoj pozitivaj* aŭ *konverĝigaj*, kies rando estas malpli dika ol la centro.

2-e) *lensoj negativaj* aŭ *diverĝigaj*, kies rando estas pli dika ol la centro.

(1) Tiujn radiojn oni povas igi takseblaj, trapasigante ilin tra specialaj solvaĵoj ; la rapideco de la lumaj vibradoj malrapidiĝas tra tiuj solvaĵoj, kaj atingas longecon sufiĉan por ke nia okulo povu vidi ilin. La radioj de infra-ruĝo estas facile takseblaj per termometro, ĉar ili estas la plej varmaj radioj de la spektro.

Jen estas la ses nomoj rilataj al la formoj de la lensoj sferecaj (fig 7).

Lensoj *pozitivaj* aŭ *konverĝigaj*
- A Lenso *dukonveksa.*
- B Lenso *eben-konveksa.*
- C *Menisko konverĝiga.*

Lensoj *negativaj* aŭ *diverĝigaj.*
- D Lenso *dukonkava.*
- E Lenso *eben-konkava.*
- F *Menisko diverĝiga.*

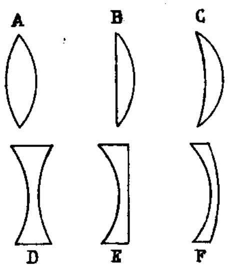


FIG. 7.

Oni vidas ke, por la lensoj dukonveksa kaj dukonkava, la centroj de l'kurboj sidas je ĉiu flanko de la lenso; kaj por la meniskoj, ili sidas ambaŭ je la sama flanko. Por la lensoj eben-kurbaj, oni povas diri geometrie ke unu el radioj de kurbecoj estas senfina, kaj sekve la surfaco kvazaŭ ebena.

13. — Lensa sistemo. Objektivo.

Oni nomas *lensa sistemo* la kunmetiĝon de multaj lensoj kungluitaj kune per iliaj surfacoj havantaj saman kurbecon (fig. 22, p. 34). Tiu kungluo estas farita per speciala substanco tre diafana nomata *balzamo de Kanadlando* ; ĝi certigas optikan kuntuŝon kaj malhelpas reflektojn eblajn sur la surfacoj kuntuŝaj.

Sistemo estas nomata konverĝiga aŭ pozitiva, kiam radioj incidantaj paralele, kiuj trairas ĝin, eliras *konverĝe* ; male ĝi estas negativa aŭ diverĝiga, kiam tiuj radioj eliras *diverĝe.*

Objektivo estas ilo kunmetita el unu aŭ du lensaj sistemoj, muntitaj kaj centrigitaj (**15**) en speciala muntaĵo (fig. 27 kaj 28, p. 39).

14. — Specialaj vitroj uzataj por lensoj.

La vitroj uzataj en la fabrikado de lensoj havas specialajn nomojn, laŭ iliaj proprecoj rifraktigaj (**2**) aŭ dispersigaj (**10**). Ili estas :

« Flint-glass », vitro tre rifraktiga kaj tre dispersiga ;

« Crown-glass », vitro malmulte rifraktiga kaj malmulte dispersiga ;

« Flint malpeza », vitro malmulte rifraktiga, sed tre dispersiga.

« Crown peza », vitro tre rifraktiga, sed malmulte dispersiga [1].

Tiuj du lastaj specoj nomataj *nenormalaj vitroj*, estas uzataj en fotografa optiko nur de kelkaj jaroj, en la fabrikado de novaj objektivoj, precipe la anastigmatoj (**63**).

15. — Ĉefa akso.

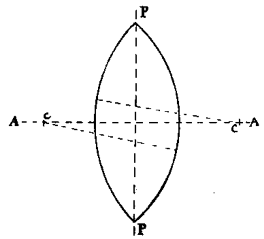


FIG. 8.

Oni nomas *ĉefa akso* la rektan linion A A (fig. 8), kiu kunligas la kurbecajn centrojn c c de lenso. Oni diras ke lenso *estas centrigita* kiam la ĉefa akso estas perpendikla al la ebeno P P, kiu limigas ĝiajn du kurbajn surfacojn. Oni nomas aliparte *ĉefa sekco* de lenso, ĉiun sekcon, kies ebeno enhavas tute la ĉefan akson.

16. — Punkto reala kaj virtuala punkto.

Oni nomas *reala punkto* tiun, kiu formiĝas per la kuniro de konverĝaj radioj. Oni nomas *virtuala punkto* tiun, kiu formiĝas ne per la kuniro de la radioj mem, sed per la kuniro de iliaj plilongigaĵoj (kiel okazas ekzemple por la diverĝigaj lensoj).

Aro da realaj punktoj formas videblan bildon, riceveblan sur nediafana ebeno nomata *skreno*, kiu konsistas en fotografilo el malpolurita vitro (malglata vitro); kontraŭe, aro da virtualaj punktoj formas en spaco bildon, nevideblan senpere (**23**).

17. — Optika centro. — Sekundariaj aksoj.

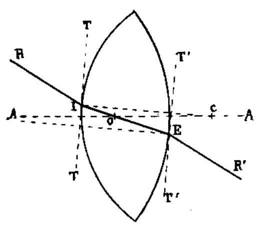


FIG 9.

A A	ĉefa akso.
O	optika centro.
R I, E R'	sekundaria akso.
T T, T' T'	tanĝantaj ebenoj.

Oni povas ĉiam geometrie alkonduki interne de lenso (fig. 9), rektan linion I E, kiu kunligas la tanĝantecajn punktojn de du paralelaj ebenoj T T, T' T', tanĝantaj la surfacojn. Tiuj punktoj estas multaj ; por trovi ilin, sufiĉas alkonduki paralele du kurbecajn radiojn. Ĉiuj rektaj linioj (aŭ iliaj plilongigaĵoj) kiuj kunligas duope tiujn tanĝantecajn punktojn, trairas la ĉefan akson (**15**)

(1) Por traduki tiujn vortojn, *crown* kaj *flint*, mi proponas *krunvitro* kaj *flintvitro*, aŭ pli simple *kruno* kaj *flinto*.

ĉe unu punkto, O. Tiu ĉi punkto estas nomita *optika centro*. Ĝi havas tiun gravan proprecon, ke ĉiu luma radio, kiu trairas ĝin, renkontas la surfacojn de la lenso ĉe punktoj kie la tanĝantaj ebenoj estas paralelaj; ĝi rifraktas kvazaŭ ĝi trairus medion kun paralelaj surfacoj (**5**). Sekve, ĝia elireca direkto estas paralela je ĝia incideca direkto. Tiu radio R R', estas nomata *sekundaria akso*. Ekzistas tiom da sekundariaj aksoj por lenso, kiom estas tanĝantaj ebenoj paralelaj, t. e. por ĉiu punkto de l'surfacoj kaj por ĉiu incidanta fasko.

18. — Nodaj punktoj.

Kiam oni plilongigas la sekundariajn aksojn (**17**), oni vidas, ke ĉiuj renkontiĝas kune ĉe du punktoj *i e* (fig. 10), unu por la incidaj aksoj, alia por la eliraj. Tiuj ĉi ambaŭ punktoj estas la *nodaj punktoj*; tiu de la incidaj radioj, *i*, estas la noda *punkto incideca* ; tiu de la eliraj radioj, *e*, estas la noda *punkto elireca*.

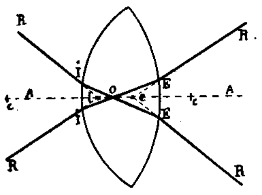


FIG. 10.

A A ĉefa akso.
O optika centro.
i noda punkto incideca.
e — — elireca.
R I incidaj aksoj sekundariaj
E R eliraj aksoj sekundariaj.

Estas tre grave koni tiujn du punktojn, ĉar el ili estas fonditaj ĉiuj pri la lensoj kalkuloj, kiujn devas scii ĉiu fotografanto deziranta uzi sian objektivon kun plej plena konado. Tion ni baldaŭ vidos (**20**, **27** kaj aliaj).

Rilate al la pozicio de la nodaj punktoj, mi diros nur jene (fig. 11) :

En lenso *dukonveksa* (kaj en lenso *dukonkava*), la nodaj punktoj *i* kaj *e* estas ĉiam *virtualaj* (**16**) kaj sidas interne de la lenso ; la optika centro O (**17**) sidas inter ili, kaj estas *reala*.

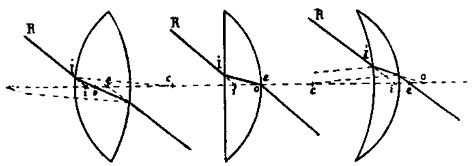


FIG. 11.

R I incida akso sekundaria.
i noda punkto incideca. — *e* noda punkto elireca. — *o* optika centro.

En lenso *eben-konveksa* (kaj en lenso *eben-konkava*),

unu el ili estas *reala* kaj sidas ĉiam ĉe la punkto de l'kurba surfaco, kiu troviĝas ĉe la trairo de la ĉefa akso, kaj koincidas kun la optika centro ; la alia noda punkto estas *virtuala*, kaj sidas interne de la lenso.

En *meniskoj*, unu el ili estas *reala* kaj sidas ekstere de la lenso ; la alia estas *virtuala* kaj povas sidi ĉu interne ĉu ekstere : la du nodaj punktoj sidas ĉe la sama flanko rilate al la optika centro, kiu estas *virtuala* kaj sidas ekstere de la lenso.

19. — Fokuso. — Ĉefa Fokuso.

Oni nomas *fokuso* punkton al kiu kuniras ĉiuj radioj elvenantaj de luma punkto, kiam ili trapasis lenson. Oni nomas *ĉefa fokuso*, la fokuson F (fig. 12), kien kuniras la radioj, post ilia trairo tra lenso, elvenantaj de punkto tre malproksima, sidanta sur la ĉefa akso (**15**), t. e. radioj, kiuj incidas paralele je la ĉefa akso. Oni diras ankaŭ ke tiuj radioj *elvenas el la infinito*.

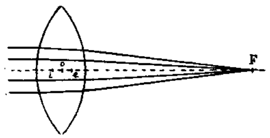


FIG. 12.

Ĉe la ĉefa fokuso formiĝas do la bildo de luma punkto sidanta je malproksima distanco sur la ĉefa akso. Oni devas memori jenon : nur la konverĝigaj lensoj, kiuj havas realajn fokusojn (**16**), povas formi bildon videblan senpere (**23**).

La diverĝigaj lensoj formas nur virtualajn bildojn (**16**).

Estas kompreneble ke lenso havas ĉiam du ĉefajn fokusojn sidantajn ĉiuflanke de la lenso, laŭ kiam unu lensa flanko estas incideca aŭ elireca. Ĉiu el ili estas ĉiam je la sama distanco de l'reciprokaj nodaj punktoj.

20. — Fokusa distanco ĉefa.

La *fokusa distanco ĉefa* estas la interspaco *e* F (fig. 12), inter la ĉefa fokuso (**19**) de lenso kaj ĝia noda punkto elireca (**18**). Estas tre grave koni ĝian valoron en objektivo; ĝi estas ĝenerale gravurita sufiĉe proksimume, sur la muntaĵo mem de l'objektivo. Ni vidos pli frue kiel oni povas ĝin difini precize (**70**).

En la algebraj formuloj rilataj al la objektivoj, tiu distanco estas kutime prezentata per la litero F.

Oni ne devas ĝin konfuzi kun la *fokusa longeco*, nek kun la *eldistanco*. La unua estas la interspaco inter la fokuso kaj

la punkto nomata *poluso*, kiu estas la punkto de l'kurba surfaco kie trairas la ĉefa akso (**15**) ; la dua estas la distanco inter la ĉefa fokuso kaj punkto, difinita sur la muntaĵo de objektivo, kaj kiu estas ĝenerale la suba surfaco de l'ŝraŭba ringo.

21. — Dioptrio.

Mi klarigos nur la signifon de tiu vorto, kiu estas malpli kaj malpli uzata, sed kiun oni trovas ankoraŭ kelkafoje. *Dioptrio* estas la konverĝigeco de lenso, kies ĉefa fokusa distanco egalas unu metron. Fokusa distanco de unu metro egalas do 1 dioptrion ; 50 cm. egalas 2 dioptriojn. Por koniĝi je kiom da dioptrioj rilatas fokusa distanco, sufiĉas dividi 1 metron per tiu ĉi distanco.

22. — Sekundariaj fokusoj. — Ĉefa fokusa surfaco.

Same kiel la incidaj radioj paralelaj je la ĉefa akso (**15**) kuniras en ĉefan fokuson (**19**), same la radioj paralelaj je la sekundariaj aksoj (**17**) kuniras en *sekundariajn fokusojn* (fig. 13). La aro de tiuj ĉi formas la *ĉefan fokusan surfacon*.

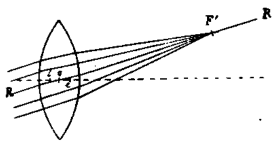


FIG. 13.

Ekzemple, ia objekto lumigata, sidanta ĉe malproksima distanco, dissendas el ĉiuj siaj punktoj al la objektivo multenombrajn radiojn ; parto de tiuj radioj trairas la objektivon, kaj ĉiu oblikva fasko da tiuj ĉi radioj havas sian akson, kiu estas sekundaria akso (**17**), kaj ĉiu fasko kuniras, post trairo tra lenso, *en sian sekundarian fokuson*. La aro de ĉiuj ĉi fokusoj formas realan bildon de la supredirita objekto, kiam la lenso estas konverĝiga (fig. 14), kiel en ĝenerala okazo, kaj tiu aro difinas la *ĉefan fokusan surfacon* S S. Tiu surfaco ne estas ebena : ĝi estas kurba (fig. 14). Ni vidos pli poste ke oni povas iom ebenigi ĝin laŭparte, per konvenaj lensaj sistemoj.

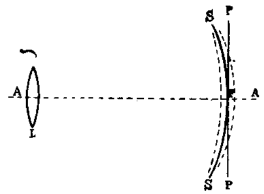


FIG. 14.

23. — Bildoj virtualaj kaj realaj.

Sed en lenso diverĝiga, tial ke la radioj trairintaj la lenson diverĝas, ili ne povas kuniri ĉe punkto. Sed iliaj plilongiĝoj kuniras ĉe idealaj punktoj, kiuj estas ankaŭ fokusoj, sed ĉi tiuj fokusoj estas virtualaj (**16**) kaj ne povas formi senpere videblan bildon. Tiu ĉi estas *enaera*, kaj nomita *virtuala*. Por vidi tian bildon, estas necese ricevi ĝin denove per konverĝiga lenso, kiu povas tiel reformi *realan bildon* videblan.

24. — Fokusa ebeno. — Enfokusigo. — Ĉefa fokusa ebeno.

Oni nomas *fokusa ebeno*, ebenon PP (fig. 14), kiu estas perpendikla al la ĉefa akso (**15**) AA, kaj pasas tra fokuso (**19**) F de lenso. Sur tiu fokusa ebeno devus formiĝi tute la bildo de objekto ; sed la fokusa surfaco (**23**) S S, ne estas ebena. Ĝi do povas koincidi kun la fokusa ebeno nur apud la ĉefa akso, t. e. apud la tanĝanteca punkto de tiu ebeno, F.

La fokusa ebeno, kiu pasas tra la ĉefa fokuso, estas nomata *ĉefa fokusa ebeno*. Sur ĝi formiĝus la bildo de la objektoj sidantaj tre malproksime, se la ĉefa fokusa surfaco estus ebena.

Oni nomas *enfokusigo* la operacion per kiu oni alkondukas sur fokusan ebenon la malglatan vitron aŭ la impresiĝeman platon de fotografilo. Ĝi efektiviĝas ĉu per movo de unu el partoj de l'kamero, aŭ per translokiĝo de l'objektivo en ĝia muntaĵo *(heliceca muntaĵo, enfokusiga muntaĵo).*

25. — Proprecoj de l'aksoj.

Laŭ tio, kion mi priskibis pli antaŭe (**22**), oni vidas ke ĉiu punkto de ajna luma aŭ lumigata objekto alsendas radian faskon al la lenso, kiu formas el ĝi fokusan punkton, t. e. fokuson (**19**). Ĉiam fasko povas malpliiĝi ĝis sia akso, kiu estas sekundaria akso kiam la fasko estas oblikva, kaj estas la ĉefa akso mem kiam la fasko estas paralela je la ĉefa akso de la lenso (**15**) ; ĉiam, punkto alsenda de l'objekto kaj ĝia fokuso sidas sur la sama akso. Rezultas el tio ĉi, ke oni povas konsideri nur la sekundariajn aksojn, kaj la fokusojn ĉefajn kaj sekundariajn (**22**) por la formado simpligita de bildoj per lenso. Oni komprenas la simplecon de tia konsidero, ĉar anstataŭ faskoj el radiaro, oni havas nur rektajn liniojn, kiuj estas uzataj pli facile en la geometriaj elmontradoj pri la lensoj ĉiufoje kiam oni ne priparolas la fenomenojn rilatajn al la faskoj mem.

26. — Kunfokusoj.

Ni vidis ke la radioj senditaj el punkto sidanta ĉe la *infinito* formas *ĉefan* fokuson (**19**). Punkto pli proksima sendas radiojn, kiuj ne incidas plu kunparalele, sed diverĝe (fig. 15). Ili formas fokusojn, kiuj malproksimiĝas ju pli de la lenso des pli la punkto proksimiĝas. Oni nomas *kuniĝaj fokusoj* aŭ *kunfokusoj*, la punkton alsendan kaj la fokuson de la radioj elsenditaj de ĉi tiu punkto.

Tiuj fokusoj estas returneblaj; tio signifas ke kunfokuso povas iĝi punkto alsenda, kaj tiam la alia punkto fariĝas ĝia fokuso; iliaj pozicioj ne ŝanĝas. Oni nomas ofte simple *kunfokuso*, la fokuson, kiu sidas ĉe la flanko elireca de la lenso.

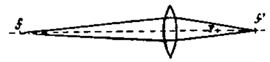


FIG. 15.
f f, kunfokusoj.
F ĉefa fokuso.

La fokusaj ebenoj (**24**), kiuj pasas tra la kunfokusoj, estas nomataj *kunfokusaj ebenoj*.

27. — Kunfokusaj distancoj.

Same kiel la ĉefa fokusa distanco (**20**) estas la interspaco inter la ĉefa fokuso kaj la noda punkto elireca, same oni nomas *kunfokusaj distancoj* la interspacojn, kiuj sidas siaparte inter la kunfokusoj kaj la noda punkto elireca unuflanke, kaj aliaflanke inter la punktoj alsendaj kaj la noda punkto incideca (**18**).

La rilato inter du kunfokusaj distancoj estas geometria kaj tre simpla: ĝi ebligas difini precize la enfokusigajn punktojn por objektoj starantaj ĉe diversaj distancoj. Oni do komprenas kiom grava povas esti tiu konado, fundamentita sur tiu de la ĉefa fokusa distanco kaj sekve sur la pozicio de la nodaj punktoj kaj ĉefa fokuso. Mi donos poste la formulojn tre simplajn, kiuj rilatas al tiuj kalkuloj (**75**).

28. — Rilato de grandeco.

Plie, la rilato de grandeco inter objekto reproduktota kaj ĝia bildo estas rekte proporcia kun la rilato de l'kunfokusaj distancoj incidecaj (**27**). Estas grave sciiĝi pri tio, precipe kiam oni deziras reprodukti fotografe ian objekton laŭ grandeca rilato difinita. Mi donos la formulojn por kalkuli facile la rilaton de grandeco laŭ la kunfokusaj distancoj (**74**).

29. — Simetriaj punktoj. — Simetriaj ebenoj.

La *simetriaj punktoj (simetriaj fokusoj)* sidas ĉiu sur

la ĉefa akso (**15**) ĉe distanco de ĉiu ĉefa fokuso (**19**) egala je la ĉefa fokuso-distanco.

La *simetriaj ebenoj* (fig. 16) estas la fokusaj ebenoj (**24**), kiuj trapasas tiujn punktojn perpendikle al la ĉefa akso. Ili havas proprecon rimarkindan, ke objekto sidanta sur unu el tiuj ebenoj donas sur la alia sian bildon laŭ egala grandeco; sed kompreneble, kiel montras la jena figuraĵo, ĝi estas returnita.

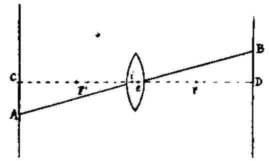


FIG. 16.

Tiu propreco iĝas tre komprenebla per tiu figuraĵo, kie fasko elsendita de la punkto A kaj prezentata per sia akso (sekundaria) (**17**) A *i* formas sian fokuson ĉe B. La punktoj *i* kaj *e* estas la nodaj punktoj incideca kaj elireca.

C F' = F D, laŭ la supredirita difino; kaj C *i* = 2 F, ĉar F egalas *i* F', aŭ *e* F, t. e. la ĉefan fokusan distancon.

Kompreneble C A = B D, ĉar la trianguloj C *i* A kaj B *e* D estas egalaj pro la paraleleco de iliaj flankoj kaj la egaleco de C *i* kun *e* D.

Aliparte, tiu ĉi klarigo taŭgus ankaŭ koncerne la rilato de grandeco laŭ la kunfokusaj distancoj (**27**): la du trianguloj ne estus plu egalaj, sed similaj, kaj ĉiam B D rilatas C A kiel D *e* rilatas C *i*.

30. — Diafragmo.

Ni finis priparoli la elementajn proprecojn de l'aksoj. Nun, mi devas priparoli la proprecojn de la faskoj.

Unue, oni nomas *diafragmo* ŝirmileton maldiafanan, kiu estas borita per truo ĉe sia centro. Diafragmo povas esti ia metala plateto maldika, borita, aŭ alia sistemo trafanta al sama celo *(iris-diafragmo)*.

En unusistema objektivo, la diafragmo estas lokita antaŭ la lenso, al la incideco, kaj en duobla objektivo inter la du lensoj.

La celo de diafragmo, lokita en objektivo, estas pasigi nur konvene elektitan fasketon el luma fasko. Ĝenerale ĝi estas la centra fasketo: tial la truo de l'diafragmo sidas sur la ĉefa akso (**15**) de l'objektivo. (fig. 17).

La diafragmo haltigas do la randajn radiojn des pli ke ĝi estas pli malgranda. Sed kompreneble, la bildo iĝos pli malluma en la fotografilo.

Oni nomas *diafragmumi*, la agon malgrandigi la truon de l'diafragmo.

Kial do estas utile haltigi la randajn radiojn, kiuj tamen kunhelpas al la formado de la bildo ?

Ni vidos tion pli poste kiam ni studos la rolon de l'diafragmo pri la proprecoj de fasko (**45**, **48**, **50**) kaj pri la *aberacioj* de lensoj (**55**, **62**).

Sed antaŭe, mi devas priskribi ĝian influon al la lumeco de objektivo, t. e, difini lumecon de objektivo rilate al la diafragma malfermo.

31. — Malfermo reala. — Malfermo utila.

Oni nomas *reala malfermo* la diametron mem de l'truo de diafragmo.

La *utila malfermo* estas la diametro de fasko da incidaj radioj paralelaj je l'akso, kiuj trapasas la diafragmon. En kazo de objektivo kun unuobla lenso (fig. 17), la diafragmo estas antaŭ la lenso, ĉe la flanko incideca; kaj tial, la utila malfermo A A, egalas la realan. Sed en duobla objektivo, kiu estas kunmetita el du lensaj sistemoj, tial ke la diafragmo estas lokita inter du lensoj kaj sekve malantaŭ sistemo konverĝiga, la diametro de l'fasko AA mezurita sur la antaŭa surfaco de la lenso incideca estas kompreneble iom pli granda ol la reala diametro de l'diafragmo *aa*, kiu sidas sur ebeno, kie la konverĝa fasko havas sekcon malpli ampleksan.

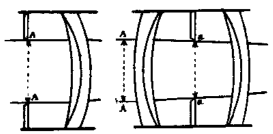


FIG. 17.

32. — Koeficiento de utila malfermo.

La rilato inter la diametro de utila malfermo AA kaj tiu de reala malfermo *aa* de ajna diafragmo en objektivo, estas nomata *koeficiento de utila malfermo*. Ĝi estas konstanta por sama objektivo, koncerne ĉiuj ĝiaj malfermoj. Estas do facile kalkuli la utilan malfermon de diafragmo, kiam oni konas tiun koeficienton, multobligante per ĉi tiu la diametron realan mezuritan sur la diafragmo mem.

Por sciiĝi praktike pri la utila malfermo de diafragmo kaj determini el ĝi la koeficienton, oni enfokusigas unue la malglatan vitron de l'kamero ĉe la infinito poste, oni anstataŭas la malglatan vitron per maldiafana folio el kartono, kies centro estas borita per malgranda truo. Oni lumigas tiun truon, kaj post kiam oni enmetis la diafragmon, oni mezuras la diametron de la lumigata cirklo projeciita, sur la fronta lenso de l'objektivo, de la diafragmo, kiun lumigas la truon de l'kartona folio. Tiu mezurado estas facila kiam per buŝo oni blovis nebuleton sur la frontan lenson.

La diametro utila dividita per la diametro reala liveras la koeficienton de utila malfermo.

Por la aliaj diafragmoj de sama objektivo, oni multobligos ĉiun diametron realan per la koeficiento por trovi la respondantan malfermon utilan.

33. — Utila malfermo rilata.

La *utila malfermo rilata* de objektivo estas la rilato inter ĝia *utila malfermo* (**31**) kaj *ĝia ĉefa fokusa distanco* (**20**). Oni regule devus konsideri nur la sekcan surfacon de l'malfermo ; sed, ĉar la sekcaj surfacoj estas proporciaj je la kvadratoj de l'diametroj, pro simpleco oni kutime konsideras nur la diametron en la formuloj. La utila malfermo rilata de objektivo estas esprimata per la frakcio F/n, en kiu F estas la fokusa distanco ĉefa, kaj n la utila malfermo. F/10 signifas do ke la diametro utila de l'malfermo estas la dekono de la ĉefa fokusa distanco.

34. — Lumeco de objektivo.

La lumeco de objektivo estas la rilato inter la brileco de la bildo, kiun ĝi formas, kaj la brileco ricevita, el la sama objekto sidantaj en la samaj kondiĉoj, de objektivo, kies lumeco estas alprenita kiel tipo.

Praktike, du objektivoj, kiuj havas saman utilan malfermon rilatan, posedas egalan lumecon ; oni ne atentas la pli malpli grandan traireblecon de l'vitroj rilate al la lumaj radioj, ĉar, en objektivoj zorge fabrikitaj, la diferenco de traireblecо estas tiel malgranda, ke oni povas ĝin forlasi en pratiko.

Inter du objektivoj, havantaj malsamajn fokusajn distancojn, la lumeco estas ĉiam difinata per la *utila malfermo rilata*, kaj iliaj lumecoj estas egalaj kiam tiuj malfermoj rilataj estas ankaŭ egalaj. Kial ? Mi tuj provos klarigi tion.

Ni prenu du objektivojn I kaj II, kiuj havas saman diametron de malfermo, sed malsamajn fokusajn distancojn ; ekzemple, ni konsentos ke la fokusa distanco de II estas la duoblo de l'alia I. Ni scias ke en tia okazo, la grandeco de la bildo formita de l'objektivo II, estas diametre la duoblo de l'alia (**29**) kaj sekve surface la $2^2 = 4$oblo . La lumeco de la bildo II estas do kvaroble malpli granda ol tiu de la bildo I. Por atingi la saman lumecon, estus necese grandigi la malfermon de l'objektivo II laŭ la sama proporcio, t. e. duobligi

ĝian diametron, t. e. kvarobligi ĝian sekcan surfacon. Post tio, simpla kalkulo montros tiam ke la du objektivoj I kaj II havas saman utilan malfermon rilatan, dum iliaj reciprokaj bildoj havas saman lumecon.

Same, kiam objektivoj havas malsamajn distancojn fokusajn kaj malsamajn malfermojn, la lumecoj estas ĉiam inverse proporciaj je la kvadratoj de iliaj utilaj malfermoj rilataj. Do, la lumeco de F/7 rilatas al F/10 kiel 100 rilatas al 49, ($10^2 : 7^2 = 100 : 49$.) k. t. p.

35.— La lumeca unuo de l'Kongreso.

La kongreso de Fotografado de 1889 alprenis, kiel unuon de lumeco por la objektivoj, tiun de objektivo, kies utila malfermo rilata estas la dekono de la ĉefa fokusa distanco ; tiu lumeco estas prezentata per la frakcio F/10.

36. — Gradigo de la diafragmoj, laŭ la Kongreso de 1889.

Post kiam la unuo estas tiel difinita, la aliaj malfermoj estas gradigitaj tiamaniere ke ia malfermo postulas *espozon duoblan* de tiu postulata de la tuj antaŭa pli granda diafragmo, por efektivigi samfortan impreson sur la impresiĝema plato fotografa. Oni havas tiam la gradigon jenan :

Rilatoj de espozoj	0,5	1	2	4	8	16	32
Utila malfermo rilata	f/7	F/10	f/14	f/20	f/28	f/40	f/56

Tiu gradigo estas la plej oportuna por la praktika uzado, tial ke ĝiaj nombroj estas proporciaj je la tempoj de espozoj.

Oni vidas ke la kvadrato de ĉiu nombro 10, 14, 20, k. t. p. estas la duoblo de la antaŭa ; sekve, ĉiu malfermo respondanta je ĉiu el tiuj valoroj postulas espozon duoblan de la antaŭa.

37. — Aliaj sistemoj de gradigo por diafragmoj. — Sistemo de Zeiss.

Ĉiuj objektivfabrikistoj ne akceptis la gradsistemon de l'Kongreso, kaj daŭras gravuri la diafragmojn de siaj objektivoj laŭ gradigo kaj sistemo propraj.

Ekzemple, Zeiss gradigas siajn diafragmojn prenante la malfermon F/50 kiel unuon, kaj elektas la nombrojn por la aliaj malfermoj *proporcie je la rilataj lumecoj.*

Rilataj lumecoj	64	32	16	8	4	2	1
Utilaj malfermoj rilataj	f/6,3	f/9	f/12,5	f/18	f/25	f/36	F/50

Tia gradigo apartenas al sistemo tute malsama je la supredirita, ĉar la nombroj gravuritaj estas inversaj rilate al tiuj de la gradigo de l'Kongreso.

Oni do povas distingi du sistemojn de gradigo de diafragmoj : unuan, kiu estas laŭ la rilato de la espozaj tempoj, alian laŭ la rilato de la lumecoj. Unuavide, estas facile rekoni al kiu el tiuj ~~gradigoj~~ sistemoj apartenas ia gradigo de objektivo ; ĉu la grandaj diafragmoj havas la plej malgrandajn nombrojn, ĝi apartenas al la unua ; inverse ĝi apartenas al la dua.

Sed, en la unua sistemo, oni trovas ankaŭ diversajn metodojn de gradigo. Mi klarigis la gradigon de l'Kongreso de 1889 (**35**) : oni trovas ankaŭ kaj ofte la du aliajn gradigojn jenajn :

38. — Sistemo de D-ro Stolze.

En tiu gradigo, la unuo 1 estas egala je malfermo utila kies diametro egalas la kvadratan radikon de la dekono de fokusa distanco ĉefa (**20**). Sekve, $1 = \frac{F}{\sqrt{10}}$, t. e. F/3,6.

Tiu gradigo estas nur uzata por la objektivoj de la Firmo Goerz, el Berlin.

Rilatoj de espozoj	1	6	12	24	48	96	192	384
Utilaj malfermoj rilataj	F/3,6	f/7,7	f/11	f/15,5	f/21,9	f/31	f/43,8	f/62

39. — Sistemo de la Reĝa Societo Fotografa de Anglujo.

La unuo 1 estas egala je F/4 . Jen estas la nombraro :

Rilatoj de espozoj	1	2	4	8	16	32	64	128
Utilaj malfermoj rilataj	F/4	f/5,6	f/8	f/11,3	f/16	f/22,6	f/32	f/45,2

40. — Sistemo de l'Internacia Kongreso de 1900.

Mi ne povas silenti pri la gradigo alprenita de la Fotografa Kongreso de 1900.

La unuo estas egala je F/1 ; sed, se oni volas gravuri la rilaton de espozoj, oni tiam estas devigata uzi nombrojn longajn, kun tri ciferoj, por la mezaj malfermoj ; tial oni akceptas prefere gravuri simple la frakcion, kiu prezentas la utilan malfermon rilatan, F/7, F/10, k. t. p. Kiam oni havas la gradigajon de la Kongreso de 1889, kaj oni deziras sciiĝi pri la rilato inter la nombroj 1, 2, 4, 8, k. t. p. kaj tiuj ricevitaj de la gradigo de 1900, oni simple multobligas tiujn nombrojn ~~ciferojn~~ per 100. Tiel :

	F/7	F/10	F/14
Laŭ la gradigo de 1889	0,5	1	2
— — 1900	50	100	200

Oni vidas kiom tio estas facila.

41. — Por sciiĝi pri la sistemo de gradigo de objektivo.

Oni unue rigardas al kia el la du sistemoj apartenas la gradigaĵo (**37**) ; oni rigardas la ciferon respondantan al la plej granda malfermo ; aliparte, oni vidas ordinare gravurita sur la muntaĵo de la objektivo, apud la skribaĵo de la fokusa distanco, kia estas la plej granda malfermo rilata de l'objektivo. Komparante tiun ĉi rilatan malfermon kun la supredirita cifero, oni trovas facile al kia gradigo respondas la gradoj gravuritaj sur la objektivo.

*

III.

PROPRECOJ DE L'FASKOJ

TRAIRANTAJ LENSOJN.

42. — Praktika neteco.

Antaŭ ol priskribi specialajn proprecojn de l'faskoj, mi devas difini kion oni nomas *praktika neteco*.

Kiel ni vidos, fotografa bildo ne povas havi absolutan netecon sur ĝia tuta surfaco. Estas do necese kontentigi sin per proksimuma neteco sur iaj partoj de tiu bildo ; oni povas difini la limon de tiu proksimuma neteco. Ĝenerale, oni konsideras kvazaŭ praktike neta bildon de punkto, kiam la diametro de tiu punkto ne superas unu dekonon da milimetro. Oni nomas ankaŭ tiun punkton *cirklo de difuzeco tolerata*. Oni rekonas ke la limo de proksimuma neteco ne superas tiun valoron, kiam oni povas distingi la bildon de du linioj disigitaj je unu dekono da milimetro. Oni diras tiam, ke la neteco de la bildo superas 1 dekonon da milimetro. Tiu ĉi estas la limo ĝenerale alprenita ; sed, kelkafoje, kiam oni postulas pli precizan netecon, oni povas konsideri la netecon de 1/20 da milimetro.

43. — Fokusa dikeco.

Kiam oni tre zorge enfokusigas (**24**) bildon, rigardante sur la malglata vitro, oni vidas ke estas eble transloki iom la vitron antaŭen kaj malantaŭen, ne ŝanĝante grave la netecon de la bildo.

Oni nomas *dikeco de fokuso* aŭ *fokusa dikeco* la spacon en kiu oni povas transloki antaŭen kaj malantaŭen laŭlonge de akso (**15, 17**) (ĉefa aŭ sekundaria) la malglatan vitron, dum la neteco restas en la limoj de praktika neteco (**42**).

Do, la fokusa dikeco de ajna objektivo, por praktika neteco de 1/10 da milimetro, estas la kvanto en kiu povas translokiĝi la malglata vitro, tiom kiom bildo aŭ linio da 1/10 da mm. restas videbla.

44. — Fokusa volumeno.

La aro de la ekstremaj punktoj limigantaj la fokusan dikecon laŭlonge de la ĉefa kaj sekundariaj aksoj (**15, 17**) estas nomata *fokusa volumeno*. Mi rimarkigas ke fokusa volumeno havas dikecon malpli grandan en siaj randoj ol en sia centro. Se la fokusa dikeco estus nula, la fokusa volumeno estus malgrandigita ĝis la fokusa surfaco mem (**22**).

45. — Influo de l'diafragmo al la fokusa dikeco.

La fokusa dikeco varias laŭ inversa rilato de l'malfermo de diafragmo.

Ni konsideru (fig. 18) konuson, figuratan je granda ampleksiĝo, da lumaj radioj A F B elirintaj el objektivo provizita per tre granda malfermo. Se oni prezentas aliparte la diametron de la akceptita neteco (**42**) per la du linioj *n n*, *n' n'*, paralelaj je la ĉefa akso de l'objektivo, oni vidas ke la parto G G de luma fasko ne foriras el la linioj *n n*, *n' n'*, limigantaj la dikecon de neteco. En tia kazo, la fokusa dikeco estas prezentata de la interspaco G G. Sed, se ni konsideras nun alian konuson da lumaj radioj C F D, elirintaj el pli malgranda malfermo, oni vidas tiam ke nun la parto H H de lumaj radioj ne foriras el la linioj *n n*, *n n'*, kaj kompreneble la fokusa dikeco estas tiam figurata per la interspaco H, H.

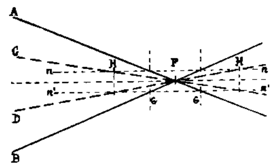


FIG. 18.

Tiel, kiam oni diafragmumas, malpliigas la diametron de malfermo de objektivo, oni pliigas la fokusan dikecon.

46. — Kampa profundeco.

Oni nomas simile *profundeco de kampo* aŭ *kampa profundeco* la spacon en kiu oni povas transloki antaŭen kaj malantaŭen subjekton fotografotan, dum la linioj de ĝia bildo

sur la malglata vitro, konservas netecon superan je 1/10 da mm. (se la neteco akceptita estas tiavalora). La kampa profundeco estas do limigita per du ebenoj inter kiuj ĉiuj objektoj donas sur la malglata vitro bildon praktike netan. Sed ĉiam la pleja neteco estas sur la ebeno, ĉe kiu oni enfokusigis.

47. — Hiperfokusa distanco.

Kiam la enfokusigo de objektivo estas farita ĉe infinito, tiam la ebeno, kiu limigas la kampan profundecon (**46**) al la objektivo estas de tiu ĉi ĉe distanco nomata *hiperfokusa distanco*. Nepre en tia kazo la alia ebeno limiga estas ĉe infinito.

La hiperfokusa distanco estas mezurata sur la ĉefa akso (**15**), kaj de la noda punkto incideca (**18**) de l'objektivo.

48. — Influo de l'diafragmo al la kampa profundeco kaj al la hiperfokusa distanco.

Kiam oni malpliigas la malfermon de l'diafragmo, oni pliigas la kampan profundecon ; oni ankaŭ proksimigas la hiperfokusan distancon.

La kampa profundeco varias laŭ la inversa rilato de l'diafragma malfermo.

La hiperfokusa distanco proksimiĝas kiam malgrandiĝas la malfermo de l'diafragmo.

La hiperfokusa distanco estas aliparte des pli proksima ke la ĉefa fokusa distanco (**20**) de l'objektivo estas pli mallonga.

Oni vidas nun kial la fotografiloj el malgranda formato ne bezonas ofte enfokusigon. Dank'al la mallonga fokusa distanco de iliaj objektivoj, la hiperfokusa distanco estas proksima, kaj la kampa profundeco granda. Senutile estas do havi enfokusigan sistemon, des pli ke la objektivoj de tiuj aparatoj estas ofte iom diafragmumitaj por pliigi ankoraŭ la kampan profundecon.

Sed, koncerne la fotografiloj el pli grandaj formatoj, kiuj bezonas objektivojn je longaj fokusaj distancoj, por ke la bildo estu konvene kovrata nete kaj lume, oni ne povas havi grandan kampan profundecon, nek proksiman hiperfokusan distancon ; oni povas ja pliigi la unuan valoron kaj proksimigi la duan nur malpliigante la malfermon de l'objektivo, diafragmumante ; sed tio malpliigas samtempe la lume-

con de l'objektivo. Jen estus la kazo de objektivo, se oni enfokusigus neŝanĝeble sur la senlimo ; sed, variebla enfokusigo permesos ĉiam atingi la plej grandan netecon sur la ĉefa subjekto, kiam tiu ĉi sidas en proksima ebeno : jen kial enfokusiga sistemo trudiĝas pli por la fotografiloj el granda formato ol por la malgrandaj.

*
* *

IV.

OBJEKTIVAJ ANGULOJ.

49. — Kampo de videbleco. — Maksima angulo.

La *kampo de videbleco* de objektivo estas tiu, kiu estas limigata, sur la fokusa ebeno (**24**), de la sekundariaj aksoj (**17**) de plej oblikvaj faskoj, kiuj ne estas haltigitaj de la objektiva muntaĵo. La angulo de l'*videbleca kampo*, nomata ankaŭ *maksima angulo*, estas tiu formita de tiuj sekundariaj aksoj.

50. — Kampo de neteco. — Angulo de neteca kampo.

Oni nomas *kampo de neteco* aŭ *neta kampo* tiun limigatan, sur la fokusa ebeno ĉefa (**24**), de la sekundariaj aksoj (**17**) de plej oblikvaj faskoj formantaj sur tiu ebeno bildon praktike netan (**42**) el objektoj sidantaj je malproksima ebeno. Ĝi do estas la surfaco mem de la praktike neta bildo sur la ĉefa fokusa ebeno. Oni nomas ĝin ofte *kampo* aŭ *surfaco kovrata de objektivo.*

La *angulo de la neta kampo* estas tiu formata de tiuj sekundariaj aksoj.

Kiam oni diafragmas objektivon, oni plivastigas la netan surfacon, tial ke la dikeco de l'kurba fokusa volumeno (**44**) pliiĝas, kaj sekve pli granda surfaco de l'fokusa ebeno povas enlokiĝi en ĝi (fig. 14, p. 18).

51. — Kampa angulo.

Oni nomas *angulo de kampo* aŭ *kampa angulo* (ne konfuzu kun la supreskribitaj anguloj) l'angulon formatan de la

sekundariaj aksoj (**17**) kiuj aliras ĉe la ekstremaĵoj de l'diagonalo de plato, aŭ diagonalo de la formato de la bildo uzebla. Estas tre grave koni tiun valoron, kiel ni vidos pli poste. Sur tiu kono mi provos fundamenti la klasigon de l'objektivoj laŭ ilia praktika uzado (**66**).

Oni difinas tiun angulon, desegnante triangulon izocelan, kies ortanto egalas la ĉefan fokusan distancon (**20**) de l'objektivo, kaj kies bazo egalas la diagonalon de la bildo utiligata.

La vertica angulo estas la kampa angulo.

Jen la diagonaloj de la plej kutime uzataj formatoj : formato 18×24 cm. = diag. 30 cm. ; 13×18 = 22 cm. ; 9×12 = 15 cm. ; $6\,^1/_2\times9$ = 11 cm. ; 8×9 = 12 cm ; $4\,^1/_2\times6$ = 7,4 cm.

*

V.

ABERACIOJ.

OPTIKAJ PROPRECOJ DE LENSOJ KAJ OBJEKTIVOJ.

52. — Aberacio.

Oni nomas *aberacioj* la optikajn fenomenojn, kiuj kontraŭstaras la precizan reprodukton fotografan de ajna objekto per lensoj.

La diversaj rimedoj uzataj por nuligi la aberaciojn estas nomitaj *korektoj*.

53. — Kaŭstiko.

En nia elementa studado, ni konsideris ĝis nun, la iradon de l'radioj kvazaŭ la lensoj ne havus aberaciojn. Unu el ĉefaj efektoj de la aberacioj estas, ke la diversaj radioj elvenantaj de unu punkto ne formas bildon de tiu punkto ĉe unu fokusa punkto mem, sed laŭ aro da punktoj etenditaj sur mallonga parto de l'akso : la aro de la radioj konverĝantaj ĉe tiuj fokusoj formas specon de luma pinto, kun konkavaj randoj, kiun oni nomas *kaŭstiko* (fig. 19.)

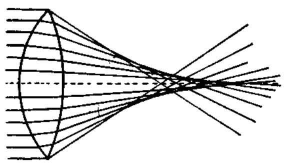


FIG. 19

Kiam oni metas lenson en faskon de sunaj radioj, oni tre facile vidas la kaŭstikon, precipe kiam la aero entenas tre maldikajn polverojn.

Multaj aberacioj produktas kaŭstikojn. Ni tion rimarkos dum la lernado de ĉia aberacio.

54. — Sfereca aberacio aŭ aberacio de sfereco.

Tiu aberacio estas propra je la lensoj havantaj sferajn surfacojn, t. e. tiuj kutime uzataj en la fabrikado de fotografaj objektivoj. Ĝi konsistas el tio, ke la radioj trairantaj la randojn de lenso, formas sian fokuson ĉe punkto pli proksima de la lenso ol la radioj trairantaj apud la centro (fig. 20). Sekve, se oni konsideras faskon incidan deirintan de unu punkto sidanta sur akso, oni rimarkas ke la fokuso, kiu figuras la bildon de tiu punkto, ne estas punkto, sed formas specon de longa pinto per la aro de la fokusoj respondantaj je la radioj, kiuj eliras el la diversaj regionoj de la lenso. Tiu pinto estas *kaŭstiko* (**53**) (fig. 20).

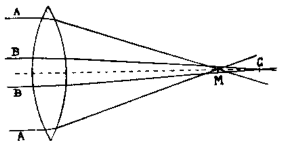


FIG. 20

La jena figuraĵo 20 klarigos facile la suprediritan aberacion : oni ja vidas ke la paralelaj radioj A de fasko, trairantaj la randojn de lenso, formas sian fokuson ĉe la punkto M, dum la centraj radioj B de la sama fasko formas sian fokuson ĉe la punkto C. Inter C kaj M sidas la fokusoj de la radioj incidantaj inter B kaj A ; la kaŭstiko formiĝas inter C kaj M, kaj ĝia pinto sidas ĉe C.

55. — Influo de l'diafragmo al la sfereca aberacio.

La diafragmo malpliigas la sferecan aberacion, tial ke ĝi haltigas la radiojn randajn de l'fasko, kaj lasas trapasi nur la centrajn radiojn. Sed la diafragmumo ne estas rimedo uzebla por objektivoj lumeca, ĉar ĝi malpliigas ankaŭ la lumecon; oni do serĉis korekti tiun aberacion per alia rimedo.

56. — Aplanateco.

Ne ekzistas sfera lenso simpla, kiu povus esti senigita je la sfera aberacio, ĉar tiu ĉi devenas ja de la sfera formo mem de ĝiaj surfacoj. La kalkulo klarigas ke, por ke simpla lenso estu senigita je tiu aberacio, ĝiaj surfacoj devus havi la formon de rivolua parabolo en okazo de incidantaj radioj

elvenantaj de la infinito, kaj la formon de specialaj ovaloj rivoluaj en okazo de radioj elvenantaj el punktoj proksimaj; kaj eĉ la formo de tiuj ovaloj ŝanĝus ankoraŭ laŭ la distanco de tiuj punktoj.

Ĝis nun, oni ne sukcesis efektivigi praktike lenson kun parabolaj surfacoj [1]; kaj plie, ni ĵus vidis ke unu formo ne taŭgus por ĉiuj distancoj.

Tamen, algluante (fig. 22) kontraŭ simpla lenso konverĝiga duan lenson negativan (**12**), kiu havas saman aberacion sed laŭ mala senco, oni sukcesis atingi sufiĉe plenan korekton de tiu aberacio, elektante konvene la proprecojn de l'vitroj — rifraktigecon (**2**) kaj dispersigecon (**10**), — la kurbecojn de l'surfacoj kaj la dikecon de ĉiu lenso.

La korekto de la sfereca aberacio estas nomata *aplanateco*. Lenso aŭ objektivo korektita de tiu aberacio estas dirata *aplanata*. Oni nomas ankaŭ simple *aplanato* objektivon aplanatan.

Tamen, la aplanateco ne povas esti plene efektivigata per tiu metodo; sed praktike la korekto estas sufiĉa en la objektivoj el bona fabrikado, kiujn oni trovas nun en bonaj vendejoj.

Estas objektivoj unusistemaj (**13**), kiuj estas aplanataj; ili do estas kunmetitaj per du (aŭ pli da) lensoj (fig. 28, p. 39), unu konveksa, alia konkava, kungluitaj laŭ la surfacoj, kiuj havas saman radion de kurbeco, per speciala rezino nomata *balzamo de Kanadlando*, kiu certigas perfektan kuntuŝon inter la vitroj, sen ia reflekso ebla de l'radioj lumaj dum ilia trairado.

La objektivoj dusistemaj aplanataj konsistas el du kunpariĝitaj ~~metitaj~~ lensoj aplanataj (fig. 24, p. 35).

57. — Aberacio de rifraktemeco.

Ni vidis (**8**) ke radio el blanka lumo rifraktinta, malkomponiĝas kaj okazigas etendon de koloroj, kiun oni nomas *spektro*; ni scias ankaŭ ke tiu fenomeno devenas el malsama rifraktemeco de la koloroj komponantaj la blankan lumon.

Same, la blanka lumo malkomponiĝas kiam ĝi trairas

(1) La provoj ĝis nun ne donis surfacojn regulajn kaj senigitajn je strietoj.

simplan lenson, kaj la bildo formita de tia lenso havas randojn multkolorajn.

Laŭ optika dirado, la radioj bluaj kaj violaj, kiuj estas plej rifraktemaj, havas siajn fokusojn pli proksime de la lenso ol tiuj de la radioj flavaj kaj ruĝaj, kiuj estas malplej rifraktemaj (fig. 21). Tiel, ni konsideru faskon el blanka lumo B B elvenantan el sama punkto lumiga. La radioj violaj formas sian fokuson ĉe la punkto V, la flavaj ĉe F, kaj la ruĝaj ĉe R.

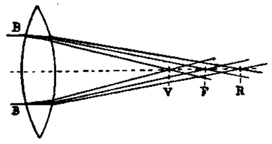


FIG. 21,

Nu, ĉar la radioj flavaj kaj ruĝaj estas pli videblaj de niaj okuloj, ni enfokusigas ĉiam ĉe la fokusoj de tiuj radioj; sed tiuj ĉi radioj ne estas plej *aktinecaj*, t. e. ne impresas plej multe la ĥemiajn substancojn impresiĝemajn; kontraŭe, la radioj bluaj kaj violaj impresas forte la supre-diritajn substancojn. Tial, kiam ni enfokusigis la fotografan platon ĉe la fokusa ebeno de l'radioj plej videblaj, la figuraĵo fotografa de la kliŝo ne estas neta, ĉar ĝi ne staris ĉe la ebeno fokusa de l'radioj plej aktinecaj. Tio estas vera koncerne simpla lenso el vitro. Oni diras kutime, ke tia lenso havas *ĥemian fokuson*: Tio signifas ke la fokuso de l'radioj impresemaj ne koincidas kun tiu de l'radioj plej videblaj. La ĥemian fokuson oni povas ankaŭ nomi *aktineca fokuso*.

58. — Akromateco.

Oni povas korekti la rifraktemecan aberacion, algluante al la konverĝiga lenso korektigota duan lenson negativan (**12**), kies dispersigeco estas elektita konvene. La korekto estas nomata *akromatigo* kaj efektivigas *akromatecon*: lenso tiel korektita estas *akromata* lenso (fig. 22).

Akromata lenso estas do kunmetaĵo, lensa sistemo (**13**) formita per du lensoj, unu konkava, alia konveksa. Kiam la sistemo estas konverĝiga, kiel estas la kazo ĝenerala en fotografado, la konverĝiga lenso havas malplej fortan dispersigecon: la rilataj dispersigecoj de la du lensoj estas rekte laŭ iliaj apartaj fokusaj distancoj, por iaj koloroj difinitaj en regionoj de la spektro (**9**). Praktike, oni ne korektas tute la aberacion; oni kontentigas sin malpliigante ĝin al minimo. Oni ĝenerale koincidigas la fokuson de l'radioj bluaj kun tiu de la flavaj.

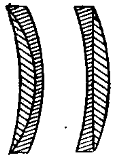


FIG. 22.

Kunmetita lenso (fig. 22) povas do esti aplanata kaj akromata praktike. Oni efektivigas kune tiujn du korektojn.

Tia lenso aŭ objektivo estas nomata *aplanato akromata*. Kutime, oni ne nomas la vorton akromata, ĉar tiu korekto estas plej ofte efektivigita en la objektivoj.

59. — Aberacioj specialaj de la faskoj de sekundariaj aksoj.

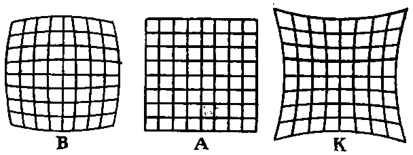
La suprediritaj aberacioj afektas la diversajn aksojn, eĉ la ĉefan akson de lenso. Sed ekzistas aliaj aberacioj, kiuj afektas nur la oblikvajn faskojn. La du ĉefaj estas la *distordo* kaj l'*astigmateco*, kiujn mi tuj priskribos.

60. — Distordo.

Kiam oni provas reprodukti per unusistema objektivo figurajon kvadrilitan A (fig. 23), formitan per rektaj linioj perpendiklaj unuj sur aliaj, oni rimarkas ke en la reproduktita bildo la linioj randaj estas ne rektaj, sed kurbaj, des pli ke ili estas pli malproksimaj je la ĉefa akso (**15**). Tiu kurbiĝeco de la rektaj linioj al la randoj de la bildo estas nomata *distordo* (fig. 23).

La distordo devenas el la pozicio de l'diafragmo. Se la diafragmo staras antaŭ la lenso, flanke de l'incideco, la kurbiĝeco de la linioj estas al la randoj de la bildo : ĝi estas la *distordo barelforma* (B). Kontraŭe, se la diafragmo estas malantaŭ la lenso, flanke de l'elireco, la kurbiĝeco estas al la interno de la bildo : ĝi estas la *konkava distordo* (K).

FIG. 23



B — Distordo barelforma; A — Kvadrilajo; K — Distordo konkava

La pozicio de l'diafragmo por ke la distordo ne okazu, estus do inter tiuj suprediritaj, kiuj formas malajn kurbiĝecojn de la linioj. Oni povus kalkuli ke la pozicio, kiu ne donas distordon estas sur la ebeno de l'optika centro (**17**) se tiu ĉi estas reala (**16**), aŭ, se ĝi estas virtuala, de tiu el la nodaj punktoj (**18**), kiu estas reala. Sed tiu punkto, en kazo de unuobla lenso, sidas ofte interne de la lenso mem, kaj oni ne povas kompreneble tien lokigi la diafragmon.

Kontraŭe, kiam la objektivo estas kunmetita per du lensoj, la optika centro de tiu kunmetajo estas reala kaj sidas inter la lensoj, ĝuste je la mezo de ili, se iliaj reciprokaj distancoj fokusaj estas egalaj *(simetria objektivo)*, kaj iom pli proksime de tiu, kiu havas fokusan distancon pli mallongan, se iliaj fokusaj distancoj ne estas egalaj *(nesimetria objektivo)* (**61**).

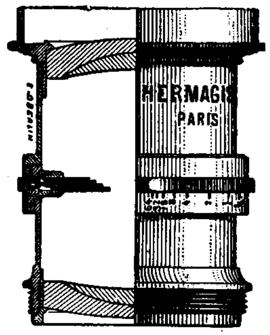


FIG. 24.

Duobla objektivo, kunmetita per du lensoj, aŭ du lensaj sistemoj, estas do korektebla kontraŭ la distordo. Tia objektivo estas nomita *rektilinea* objektivo. Oni ofte diras pli simple *rektilineo* (fig. 24).

Ni do povas nun imagi objektivon, kiu estas samtempe aplanata, akromata kaj rektilinea. Tia objektivo estas ĝenerale signita per la nomo : duobla aplanato (fig. 24).

61. — Objektivoj simetria aŭ nesimetria.

Oni diras ke duobla objektivo estas *simetria*, kiam la du lensaj sistemoj, kiuj komponas ĝin, havas saman fokusan distancon (**20**).

Kontraŭe, kiam iliaj fokusaj distancoj estas malsamaj, oni diras ke la objektivo estas *nesimetria*.

62. — Astigmateco.

Tiu aberacio konsistas esence el la nekoincideco de l'fokusaj surfacoj (**22**) respondantaj unu al la *radiumantaj* linioj kaj la alia al la *tanĝantaj* linioj de bildo kunmetita per aro da linioj, el kiuj unuj radiumas el la ĉefa akso (**15**), kaj la aliaj estas perpendiklaj al tiuj unuaj. Tiuj du fokusaj surfacoj koincidas ĉe la ĉefa akso ; malproksimiĝante el tiu ĉi, ili disiĝas pli kaj pli.

Sekve, se oni enfokusigas zorge, per objektivo ne korektita je l'astigmateco, aron da linioj perpendiklaj unuj al la aliaj, oni prosperos ĉe la centro de la bildo ; sed sur la randoj, oni observos ke, kiam la linioj radiumantaj estos netaj, la linioj tanĝantaj ne jam estos, kaj reciproke. Ju pli oni enfokusigos ĉe parto de la bildo malproksima je l'akso, des pli oni ne prosperos ricevi bonan netecon samtempe por du linioj perpendiklaj inter ili. Tiu aberacio observiĝas facile per

simpla kruco da du linioj, kies bildo estas enfokusigita iom malproksime je l'akso ĉefa de l'objektivo.

Kiam oni observas, anstataŭ rektaj linioj, rondetojn, oni rimarkas ke, dum oni provas enfokusigi ilin en randa parto de la bildo, tiuj rondetoj ovaliĝas laŭ unu senco aŭ alia, kaj tiu senco estas ĉu *radiumanta*, ĉu *tanĝanta* je la ĉefa akso. Pro tio, tiu speciala malformiĝo astigmata estas ofte nomata *radiuma distordo* aŭ *tanĝanteca distordo*, laŭ ĝia senco. Sed oni ne devas konfuzi ĉi tie tiujn terminojn kun la alia distordo, kiun mi priskribis pli antaŭe (**60**).

L'*astigmateco* devenas el l'oblikveco de l'incidaj radioj sur la rifraktiga surfaco (**2**). Por malpliigi ĝin, oni povas jam, koncerne la unusistemaj objektivoj, uzi formon de menisko, kies konkava surfaco rigardas al la incido, kaj lokigi la diafragmon antaŭ ĝi kaj apud la centro mem de l'surfaca kurbo. Tiel, nur la radioj, malmulte oblikvaj je la incideca surfaco, povas transpasi la diafragmon kaj atingi la lenson. Sed tia pozicio estas precize tiu, kiu aperigas la distordon (**60**).

Tamen, oni rimarkas tian formon de lenso kaj tian pozicion de l'diafragmo en ĉiuj fotografiloj provizitaj per unusistemaj objektivoj. Tiel la distordo ne estas nuligita, kvankam malmulte taksebla kiam la fokusa distanco de l'objektivo estas sufiĉe longa ; la astigmateco estas iom malpliigita, sed ne malaperas tute. Oni diafragmumas sufiĉe, por pliigi la dikecon de la fokusa surfaco kaj ricevi plibonan netecon ; sed ni ne forgesu ke tiu rimedo malpliigas ankaŭ la lumecon de l'objektivo.

La korekto de l'astigmateco alimaniere altrudiĝas. Oni sukcesas per konvena uzo de specialaj vitroj. La korekto de l'astigmateco estas *anastimatigo* : objektivoj tiel korektitaj je l'astigmateco, estas nomataj *anastigmataj objektivoj* aŭ simple *anastigmatoj*. Unuj estas nesimetriaj (**61**), aliaj simetriaj. Kelkaj estas korektitaj tiamaniere ke ĉiu el lensaj sistemoj, kiuj komponas ilin, estu uzebla sola, kiel unusistema objektivo. Tia objektivo povas havi diafragmon tre proksime de sia lenso, kaj la distordo estas tiel tre malgranda kaj negrava. Mi priparolos tion ĉi pli malfrue, kiam mi priskribos la lensarojn (**68**).

Sed, estus eble interesinda por la leganto sciiĝi elemente kiamaniere oni sukcesis korekti l'astigmatecon.

63. — Korekto de l'astigmateco.

Tiu korekto, la *anastigmatigo* aŭ *stigmatigo*, estas plena je malfacilaĵoj.

Unue, ni sciiĝis (**58**) ke, por ke lensa sistemo (**13**) konverĝiga estu akromata, estas necese ke la konverĝiga lenso havu pli malfortan dispersigecon (**10**) ol la diverĝiga. La rilato inter la dispersigaj povecoj estas proporcia je la fokusa distanco de ĉiu aparta lenso.

Aliparte, la kalkulo montras ke, se oni havas unuan lensan sistemon tiel kunmetitan, oni formas anastigmatan objektivon se oni aligas al tiu unua sistemo, duan, kiu estas kunmetita tiamaniere ke ĝia konverĝiga lenso havu pli fortan rifraktigecon (**2**) ol la diverĝiga.

Sed tia sistemo ne estas plu akromata, se la *dispersigeco* de l'vitroj uzitaj estas *laŭ la sama senco* ol la *rifraktigeco*, ĉar konverĝiga lensa sistemo, kiu havas konverĝigan lenson kun pli granda dispersigeco ol la diverĝiga, ne estas akromata.

Estas do necese kunmeti l'anastigmatan objektivon per du lensaj sistemoj jene ;

Anastigmata objektivo	Unua lensa sistemo	Konverĝiga lenso *malpli dispersiga* kaj *malpli rifraktiga* ol la Diverĝiga lenso.
	Dua lensa sistemo	Konverĝiga lenso *malpli dispersiga* kaj *pli rifraktiga* ol la Diverĝiga lenso.

Oni rimarkas ke, en la dua sistemo, oni bezonas vitron kies rifraktigeco estas laŭ rilato mala je la dispersigeco : oni nomas tian vitron *nenormala* (**14**), kaj la lensa sistemo, kiu ĝin enhavas, *nenormaleca paro* (aŭ *nenormaleca sistemo*), dum la alia, kies vitroj havas rifraktigecon laŭ la rilato rekta je la dispersigeco, estas nomita *normaleca paro* (aŭ *normaleca sistemo*).

Iam, oni havis nenian rimedon por ricevi fabrike vitrojn *nenormalajn*. kaj la anastigmataj objektivoj ne ekzistis, kvankam oni tre bone sciis ke tia korekto estas ebla, kaj efektiviĝos kiam oni eltrovos taŭgan specon de vitro. Fine,

la vitrofabrikejo Schott, el Jena, prosperis fabriki la nenormalajn vitrojn, kaj en 1890, Carl Zeiss prenis patenton por la unua objektivo anastigmata kalkulita de D-ro Rudolph. El tiu anastigmato devenis ĉiuj tiuj pli kaj pli perfektigitaj, kiujn ni konas kaj uzadas nun el diversaj markoj.

Mi ne priparolos tie kiom da malfacilaĵoj oni renkontas en kalkulado, ne nur por korekti kune la kromatecan kaj la astigmatecan aberaciojn, sed ankaŭ por konservi samtempe la korekton de la sfereca aberacio, t. e. l'aplanatecon.

Spite de grandegaj malfacilaĵoj, oni sukcesas nun efektivigi bonan kaj tre sufiĉan korekton de tiuj aberacioj kune. Se restas iomete da aberacioj por la faskoj tre oblikvaj, oni povas facile preskaŭ nuligi ilin diafragmumante iom la objektivon, kio pliigas ankaŭ la fokusan dikecon kaj la kampan profundecon (**45** kaj **48**).

Kelkaj anastigmatoj enhavas ĝis 8 kaj eĉ 10 lensojn, en celo proksimiĝi plej eble al la perfekta korekto de l'astigmateco.

64. — Oportunecoj de l'uzado de anastigmatoj.

La anastigmatoj povas liveri bildon tre netan sur ĝia tuta surfaco eĉ kiam la diafragma malfermo estas granda ; la neanastigmataj objektivoj, kiel la kutimaj nomitaj aplanatoj aŭ rektilineoj, liveras bildon, kiu estas neta nur ĉe la centro, kaj kies neteco malpliiĝas rapide al la bordoj ; se oni deziras sufiĉan netecon al tiuj bordoj, estas necese diafragmumi. Sed tiam, la lumeco malpliiĝas. Pro tio, oni kutimas diri ke la anastigmatoj estas pli lumecaj ol aplanatoj. Ili ja estas pli lumecaj kiam oni ne bezonas diafragmumi, sed tiu bezono ne trudiĝas por la anastigmatoj kiel por la aplanatoj astigmataj. La pravo estas ke ĉiuj objektivoj, anastigmatecaj aŭ ne, estas *praktike* same lumecaj se *iliaj rilataj malfermoj utilaj* (**33**) *estas egalaj* (**34**).

La konstanta kaj bonega neteco de la bildo liverita de anastigmato, kaj la ebleco havi tiun netecon uzante tre grandajn malfermojn tre lumecajn, estas do plej ĉefa supereco de l'anastigmataj objektivoj rilate al la aplanatoj.

*

VI.

KLASIGO KAJ ELEKTO DE OBJEKTIVOJ.

65. — Diversaj specoj de objektivoj.

Ni vidis (**60**) ke oni nomas *rektilineo* dusisteman objektivon. Anastigmato (**62**) estas objektivo korektita je l'astigmateco en celo liveri bildon netan tiel al la bordoj kiel ĉe la centro (**64**).

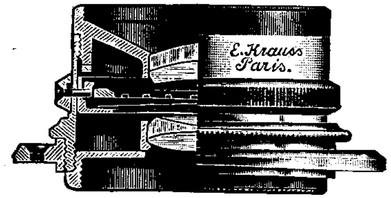


FIG. 25. — Grandangulеca objektivo anastigmata de Zeiss, serio V, f/18.

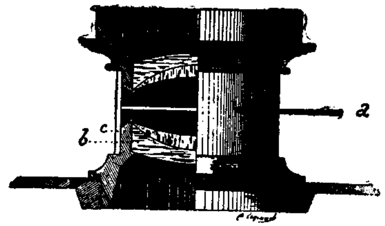


FIG. 26. — Grandangulеca objektivo aplanata de Hermagis.

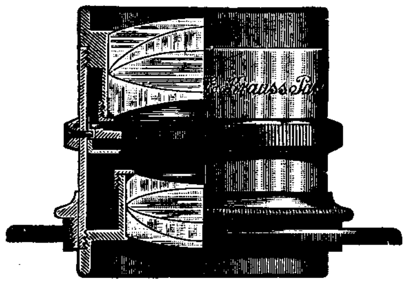


FIG. 27. — Anastigmato de Zeiss-Krauss, serio VII-a f/7.

Anastigmato povas esti *unusistema* (fig. 28) aŭ *duobla* (fig. 27). En tiu ĉi kazo, ĝi estas kompreneble *rektilinea* (**60**).

Kelkaj objektivoj, anastigmataj aŭ ne, celas la kapton de vidaĵoj sub vasta kampa angulo. Ili estas nomitaj *objektivoj grandangulecaj*. Ĉar oni utiligas en ili faskojn tre oblikvajn, ne estas eble ricevi bonan bildon per tre granda malfermo ; la malfermo de tiu speco de objektivo estas do ĉiam iom malgranda. Oni facile rekonas ankaŭ grandangulecan objektivon dank'al ĝia formo tre mallonga, kiu ebligas la transiron de tre oblikvaj faskoj (fig. 25 kaj 26). Ĝi povas esti anastigmateca (fig. 25) aŭ ne (fig. 26).

Kontraŭe, la malfermo estas tre granda en la *objektivoj por portretoj* (portret-objektivoj), kiuj celas fotografi pli malpli nedaŭrece

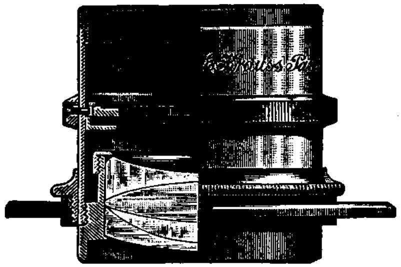


FIG. 28. — Unusistema anastigmato de Zeiss-Krauss, serio VII f/12,5.

en fotografejoj, kiuj estas malpli lumigataj ol la eksteraĵo. Sed tiuj objektivoj povas kovri nete nur tre malvastan bildon rilate al siaj fokusaj distancoj, kaj la kampa angulo povas esti nur tre malgranda.

66. — Klasigo ĝenerala de l'objektivoj.

Ĝis nun, oni kutime klasigis la objektivojn laŭ iliaj formoj aŭ korektecoj. Ekz. : la unusistemaj objektivoj, la duoblaj, la aplanatoj, la anastigmatoj, la portretobjektivoj. Sed tia klasigo ne ŝajnas al mi prava, tial ke : unue oni trovas anastigmatojn en la unusistemaj, duoblaj kaj portretobjektivoj, kiel ankaŭ aplanatojn; plie, tia klasigo ne respondas al la uzado de l'objektivoj, kaj mi opinias ke la praktika uzado devas esti la fundamento de prava klasigo.

Ŝajnas do al mi pli prave, tial ke pli oportune, klasigi la objektivojn laŭ ilia praktika uzado.

La kampa angulo (**51**) ludas la ĉefan rolon en tiu klasigo : ni tuj vidos la tialon.

Mi do klasigas la objektivojn en tri ĉefaj grupoj (vidu la tabelon) : ĉiu grupo enhavas la objektivojn, el kia ajn konstrueco, respondantajn al unu el tri jenaj kazoj de kapto de vidaĵoj :

1-e. Kapto de vidaĵoj en malvasta loko, necesiganta la ĉirkaŭprenon de vasta kampo sub angulo iom granda.

2-e. Kapto de vidaĵoj en plej kutimaj kondiĉoj de la fotografado (maldaŭrecaj kaptaĵoj, pejzaĝoj, grupoj, k. t. p.).

3-e. Kapto de vidaĵoj iom malproksimaj, kiuj postulas reprodukton laŭ dimensioj pli grandaj ol en la antaŭa kazo, kaj sekve, kiuj okupas kampon entenatan en iom malgranda kampa angulo.

Efektive, en la unua kazo, la fotografanto uzos unu el objektivoj por vidaĵoj je vasta kampo, kiujn oni nomas *grandangulecaj objektivoj*, kaj kiuj formas la grupon I ; en la dua, kiu estas plej ĝenerala, ĝi uzos unu el objektivoj por vidaĵoj je normala kampo, kiuj formas la grupon II; fine, en la tria, ĝi elektas en la grupo III objektivon por vidaĵoj je malvasta kampo.

Post la nomo de ĉiu objektivo, la cifero inter krampoj montras la nombron da vitroj, kiuj komponas la lenson aŭ lensojn; la frakcio montras la plej grandan malfermon de l'objektivo, t. e. ĝian plej grandan lumecon (34).

GRUPO	Kampa angulo ĝenerale uzata	Tipo	Konstrueco	Nomoj de l'Objektivoj	Maksima angulo
I Objektivoj grandangulecaj por vidaĵoj je vasta kampo	70 al 90°	duobla	astigmata	Objektivoj grandangulecaj el diversaj fabrikistoj. . . . . (*Hermagis, Dallmeyer, Steinheil,* k.t.p.) Grandanguleca objektivo de *Prazmowski* *Lynkeioskop Goerz* (4) f/15.	90 al 100° 105° 95° 105°
			anastigmata	*Protar Zeiss* serio V (4 f/18) . . . . *Collineaire Voigtlaender* (6) f/12,5 . . . *Hypergon* de *Goerz* (4) f/22 (¹).	105° 135°
II Objektivoj por vidaĵoj je normala kampo	50 al 63°	unusistema	astigmata	Simpla objektivo de *Hermagis* (2) f/20. *Triachromate Busch* (3) f/12.	
			anastigmata	*Protar Zeiss* serio VII (4) f/12,5 . . . . . *Eurygraphes* simplaj de *Berthiot* f/10 al f/13. . . . . La lensoj simplaj devenantaj el la malduobligo de duoblaj objektivoj signitaj per * en la sekvanta kategorio.	85° 85°
		duobla	astigmata	Duobla aplanato, konstruita nune de preskaŭ ĉiuj optikfabrikistoj (4) f/8 al f/10 (*Suter, Hermagis, Berthiot,* k. t. p.) . . . . *Antiplanats Steinheil* (4 kaj 5) f/6,5 kaj f/6,5. . . . . *Périskop Steinheil* (²) (2) f/15	
			anastigmata	*Protar Zeiss* serio II-a (5) f/8.* . . . . . . — — — III-a (4) f/9. . . . . . . — — — VII-a* (8) f/6,3 al f/7,7. *Tessar Zeiss* (4) f/6,3 . . . . *Anastigmato Goerz** serio III (6) f/6,8. . *Eurygraphes Berthiot** (6 kaj 8) f/5 al f/6,8 . . . . *Aplanastigmat Hermagis** (6) f/6,8. . . Objektivo *Cooke* (3) f/6,5 kaj f/6,8. . . . *Orthostigmat Steinheil** (6) f/6,8. . . . . *Linear Rietzschel** (8) f/4,5.	75° 90° 70 al 80° 80° 90 °
III Objektivoj por vidaĵoj je malvasta kampo	< 50°	unusistema	astigmata	*Landscape Dallmeyer* (3) f/12 . . . . . . Unusistema objektivo de *Suter* (2) f/12. *Triachromate Busch* (3) f/12.	
			anastigmata	*Protar Zeiss* serio VII (4) f/12,5. . . . . La lensoj simplaj devenantaj el la malduobligo de duoblaj anastigmatoj signitaj per * en la antaŭa kategorio.	
		(duoblaj portretobjektivoj)	astigmata	Portretobjektivo de *Petzwal* (4) f/2,5 al f/4,5, fabrikata nun de preskaŭ ĉiuj optikistoj (Hermagis, Darlot, k. t. p.) . . . . *Antiplanat Steinheil* por portretoj (4) f/4.	
			anastigmata	*Planar Zeiss* (6) f/3,6 al f/4,5 . . . . . . *Stigmatic Dallmeyer* (6) f/4. . . . . . . *Heliar Voigtlaender* (5) f/4,5.	

(1) Ne akromateca kaj difinita por specialaj vidaĵoj je tre vastaj kampoj.
(2) Ne akromateca.

En tiu lasta grupo, ni trovas ankaŭ la objektivojn por portretoj pri kiuj mi reparolos pli poste.

Mi do klasigis unue la objektivojn en tri ĉefaj grupoj (kolono I) ; en ĉiu grupo mi klasigas ilin laŭ ilia tipo, ĉu ili estas unusistemaj objektivoj, ĉu duoblaj objektivoj (kolono III); fine, en tiuj ĉi tipoj, mi ankaŭ klasigas ilin laŭ ilia konstrueco, ĉu tiu ĉi celis la korekton de l'astigmateco *(anastigmata konstrueco)*, aŭ ne *(astigmata konstrueco)*. Tiu lasta klasigo liveras kategoriojn en kiuj ĉiuj ekzistantaj objektivoj povas lokiĝi ; sed el ili, mi nomos nur kelkajn, kiuj povas prezentiĝi kiel tipoj de ĉiuj aliaj.

67. — Pri la elekto de objektivo.

Kvankam tiu libreto ne celas la komencantajn fotografantojn, kelkaj sciigoj pri la elekto de objektivo ne estos eble superfluaj eĉ al kutimintaj amatoroj, kiuj povas deziri aĉeti iam novan objektivon.

La supreskribita klasigo ŝajnas al mi respondi klare al la jena demando de l'fotografanto : Mi volas fari tian specon de fotografado ; mi povas fari tian elspezon. Kian objektivon mi devas elekti ?

La supredirita klasigo respondas :

Elektu el la tri grupoj de l'tabelo tiun, kiu respondas al la speco de vidaĵoj, kiujn vi volas kutime kapti : poste, laŭ via elspeza povo, elektu unue inter la tipo unusistema kaj la duobla, poste inter la konstrueco astigmata aŭ anastigmata ; tiel vi havos fine la kategorion kie vi trovos la specon de objektivo, kiun vi serĉis. Memoru pri tio tion, kion vi lernis en la antaŭaj paragrafoj de tiu ĉi libreto ; memoru ankaŭ ke la duoblaj objektivoj estas pli kostaj ol la unusistemaj, tial ke pli malsimplaj, kaj ke la kvalito de anastigmata konstrueco estas multe supera al la astigmata.

La rilataj malfermoj, kiujn vi legos en la tabelo apud ĉiu nomo de objektivo, memorigos al vi ke la duoblaj objektivoj estas pli lumecaj ol la unusistemaj. Se la lumeco ne estas afero tre grava por vi, unusistema anastigmato estas preferinda al duobla rektilineo ne anastigmata. Estas vere ke la unusistemaj objektivoj liveras figuraĵojn en kiuj la rektaj linioj, kiuj estas al la bordoj, estas iom kurbiĝintaj (**60**) ; sed tiu malbonaĵeto, kiun nur la duoblaj objektivoj forigas, ne estas tre taksebla kun la simplaj anastigmatoj, precipe se oni ne uzas ilin sub tro vasta kampa angulo.

Memoru ankaŭ ke la rektilineoj neanastigmataj ne liveras figuraĵon same netan en ĝia tuta surfaco se oni ne diafragmumas ilin. Nur la anastigmatoj liveras figuraĵon tute netan, ĝis la bordoj, per la plej granda diafragmo.

Mi konsilos ankaŭ al la amatoro, precipe al la komencanto, ke ĝi ne tro elserĉu la objektivojn kun tre granda malfermo ; tiuj ĉi ne sole estas plej kostaj, plej grandvolumenaj, sed plie havas iajn proprecojn optikajn, — malproksiman hiperfokusan distancon (**47**) kaj maldikan kampan profundecon (**46**) —, kiuj faras ilian uzadon tre malfacila kaj devigas en multaj okazoj la operacianton diafragmumi ilin. Tiam la lumeco malpliiĝas per tiu diafragmumo, kaj la objektivo estas en samaj kondiĉoj ol alia objektivo, kies plej granda malfermo estas malpli granda, kies uzado estas pli facila kaj kiu kostas malpli kare. Koncerne la elekto de l'objektivo en ĉia kategorio, mi ne povas gvidi la amatoron. La malsamo de kvaliteco inter objektivoj el sama kategorio *havantaj egalan rilatan malfermon*, estas ĝenerale, almenaŭ koncerne la markoj de seriozaj firmoj, malsupera al tio, kion povas taksi la rimedoj, kiujn uzas l'amatoro. La famo, kiun havas la plej bonaj objektivoj, kaj la rezultatoj, kiujn ili liveris al amikoj, estas por la aĉetonto la kutima gvidilo.

Mi opinias ke la suprediritaj sciigoj devas jam sufiĉe konduki la amatoron, kiu deziras elekti objektivon. Sed, ĉar mi opinias ankaŭ ke, en tia grava elekto, kelkaj pluaj sciigoj neniam estas troaj, mi liveros ankoraŭ la jenajn :

Grupo II. Mi unue parolas pri tiu grupo tial ke ĝi enhavas la objektivojn difinitajn por la plej kutimaj kazoj.

La normala objektivo, aŭ objektivo por vidaĵoj je normala kampo, estas tiu, kiun oni ofte nomas ankaŭ *universala objektivo*. Ĝi taŭgas por la pejzaĝoj, maldaŭraj scenoj, amatoraj portretoj, monumentoj, k. t. p.

Ĝi speciale taŭgas por la mankameroj ; se oni elektas ĝin kun fokusa distanco iom mallonga (kampa angulo ĉirkaŭ 60°), la hiperfokusa distanco estas sufiĉe proksima, kio estas oportuneco por la mankameroj, kiuj devas kapti ofte mal-

daŭrajn scenojn, kies personaĵoj staras en diversaj ebenoj pli malpli proksimaj. Tie sidas la tialo pro kiu oni kutime muntas sur mankameroj objektivojn, kiuj havas fokusan distancon rilate iom mallongan; ĝi estas iom pli mallonga ol la diagonalo de l'formato, kaj eĉ ofte proksimiĝas je la longo de l'formato mem.

Ankaŭ, tial ke la kutima uzado de mankamero celas plej ofte kapti maldaŭrajn scenojn, oni preferos por ĝi la duoblan objektivon, kies plej granda rilata malfermo (**33**) ĉirkaŭas F/6,3 al F/9 : tial ke, la kampa angulo estas iom vasta (58 al 63°) kaj ke la bildo devas esti neta sur granda surfaco, anastigmato (fig. 27), kiu kovras nete pli grandan surfacon ol rektilineo, estas ĉiam preferinda por la mankameroj celantaj la kapton de maldaŭraĵoj. Efektive kiel mi diris supre, la rektilineo liveras bildon, kiu estas neta nur je ĝia centro : se oni deziras netecon ĝis la bordoj, oni devas diafragmumi, kio malpliigas la lumecon kaj malhelpas maldaŭrecan kapton. Tial oni ofte diras ke la anastigmatoj estas pli lumecaj ol la rektilineoj : ni ne forgesu ke ili estas pli lumecaj nur tial ke oni ne bezonas diafragmumi ilin por atingi la netecon sur la bordoj de l'bildo. Anastigmato kaj rektilineo havas saman lumecon kiam ili estas diafragmumitaj je la sama rilata malfermo : Tion mi ankoraŭ ripetas, ĉar vi neniam devas forgesi (**64**).

Kiam la fotografilo ne estas mankamero, oni havas profiton elekti objektivon, kies fokusa distanco proksimiĝas je la diagonalo de l'formato uzata (kampa angulo 55°) : la perspektivo de l'vidaĵo estas ĉiam pli bona en tiuj kondiĉoj.

La unu sistema objektivo anastigmata (fig. 28) bone taŭgos sub tiu angulo ; mi tion signalas al la fotografantoj, kiuj ne povas multe elspezi, kaj ne elserĉas objektivon tre lumecan.

Grupo I. Grandangulecan objektivon el tiu grupo ni devas uzi, kiam objektivo de la Grupo II ne ĉirkaŭprenas sufiĉe vastan kampon ; ĝi taŭgas aparte por la kapto de domaj internaĵoj, altaj monumentoj, unuvorte, de ĉiuj subjektoj vastaj kaj *proksimaj*, kiuj postulas la ĉirkaŭprenon de de vasta kampo. Sed, la grandanguleca objektivo ne taŭgas por panoramoj, ĉar tiuj ĉi estas *malproksimaj*, escepte en

specialaj okazoj, kiuj rilatas al sciencaj dokumentoj, kaj kiujn mi ne bezonas trakti tie ĉi.

Ni rimarkis en la tabelo ke la kampa angulo de grandanguleca objektivo atingas kaj eĉ povas superi 80 gradojn. Por ke la bildo estu neta sur tia vasta surfaco, ni ne povos uzi grandan diafragmon. La plej grandaj rilataj malfermoj de tiaj objektivoj estas ĉirkaŭe F/15 al F/20 : Ili do ne povas atingi lumecon tiel grandan ol la suprecititaj. Tial oni uzas ilin ne por kapti maldaŭraĵojn, sed kiam estas eble espozi daŭre.

Mi memorigas ke, pro la granda angulo, kiun ĝi ĉirkaŭprenas, grandanguleca objektivo havas tre specialan formon. Ĝia muntaĵo estas mallonga ; la lensoj estas tre proksimaj unu je la alia, malgrandaj kaj tre kurbaj (fig. 25 kaj 26, p. 39.)

Ĉar la kampa angulo ĉirkaŭprenata estas granda, estas ĉiam preferinde uzi anastigmaton ol rektilineon kiel grandanguleca objektivo.

La Grupo I ne havas unusistemajn objektivojn : efektive, tiuj ĉi ne povus esti sufiĉe korektitaj por liveri netan figuraĵon sub tiel granda angulo.

Grupo III. La objektivoj el tiu grupo havas longan fokusan distancon rilate al la diagonalo de l'formato. La tipo unusistema (fig. 28) taŭgas por la pejzaĝoj, precipe malproksimaj ; sed, por mankameroj, kiuj povas akcepti ĝenerale nur unu objektivon, ĝi ne havas kampan angulon sufiĉe grandan por la plej oftaj okazoj kaj ofte oni ne povus kapti tutan subjekton se tiu ĉi estus iom vasta kaj kiam oni ne povus sufiĉe malproksimiĝi de ĝi. La tipo duobla, kun tre granda malfermo, estas la *portretobjektivo*, objektivo speciala por portretoj, kiu ne taŭgas por alia celo. Oni uzas ĝin kutime en la fotografejo. Ni vidis (**65**), ke ĝi devas esti tre lumeca por ebligi la fotografadon nedaŭrecan en fotografejo ; la plej granda rilata malfermo atingas F/4 kaj eĉ F/2,5 : ĉar oni uzas ĝin nur en tre malgranda kampa angulo (35 al 40 gradoj) oni

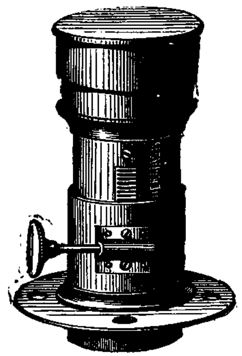


FIG. 29

povas atingi tian grandan lumecon; oni kontentigas sin utiligante nur la centron de la bildo, kies bordoj ne estas ĝenerale tre netaj, sed, tio ne estas tre grava por fotografado de portretoj.

La figuraĵo 29 montras tipon de objektivo speciala por portretoj, kies muntaĵo estas provizita per dentaĵo por la enfokusigo.

Resume, se via kamero povas akcepti nur unu objektivon, tiun ĉi elektu en la Grupo II : ĝi estos normala objektivo, kies kampa angulo estas inter 55 kaj 60 gradoj.

Se via fotografilo povas akcepti objektivojn je diversaj **fokusaj** distancoj, dank'al ĝia variebla tirebleco, vi uzos ĉefe la suprediritan objektivon normalan por ĉiuj kutimaj scenoj ; por la malproksimaj pejzaĝoj la simpla objektivo de la Grupo III pli bone taŭgos pro ĝia longa fokuso; se via normala objektlvo estas anastigmato kaj povas malduobliĝi, la simpla lenso devenanta el tiu malduobliĝo tre bone taŭgos por tiu celo ; fine la grandanguleca objektivo el la Grupo I altrudiĝos por la ĉambraj internaĵoj kaj la altaj monumentoj, kiam la normala objektivo ne ĉirkaŭprenos sufiĉe vastan kampon.

Aliparte, kia ajn estas via celo en fotografado, anastigmato estas ĉiam plej preferinda : ni vidis kial en la antaŭa paragrafo ; se multaj uzadas ankoraŭ nune rektilineojn, tio devenas el tio ke iliaj prezoj estas multe pli malaltaj.

Grava sciigo.

Tre ofte, oni rimarkas en la vitroj de anastigmatoj malgrandajn punktojn nigrajn. Ili estas aeraj veziketoj, kiuj naskiĝas propramove en kelkaj specoj de vitro dum la fandiĝo. Tiuj veziketoj havas nenian malutilon. Ilia influo al la formado de l'bildo estas nula. Tial ke oni ne povas ricevi specialajn vitrojn difinitajn por la anastigmatoj senigitajn je tiuj veziketoj, vi ne devas atenti pri tiuj ĉi, kiam vi aĉetas objektivon anastigmatan ; vi devas precipe konsideri la optikajn kvalitojn de l'objektivo, kio estas multe pli grava ol la ĉeesto de kelkaj nigraj punktoj neeviteblaj en tiaj lensoj.

Lasta konsilo, pri la purigo de objektivo :

Purigu ofte la lensojn, viŝante ilin malpeze per blanka tolaĵo, dolĉa kaj tre pura ; vi malŝraŭbas la lensojn por ke tiu purigo estu farata sur la du flankoj de la lensoj. Neniam

uzu por tiu ago ian felon. Neniam metu la fingrojn sur la lensoj, kaj zorgu ne intermiksi la lensojn, kiam vi reŝraŭbas ilin sur la objektivan muntaĵon.

68. — Lensaroj aŭ objektivaroj.

Oni nomas *lensaro* aŭ *objektivaro* aron da lenssistemoj unuoblaj, kiuj havas malsamajn fokusajn distancojn, kaj povas esti uzataj ĉu kvazaŭ unusistemaj objektivoj, ĉu kvazaŭ duoblaj objektivoj kiam oni kunparigas ilin. Oni efektivigas per tiu kunparigo serion da objektivoj je diversaj fokusaj distancoj, uzante nur tre malgrandan nombron da lensoj. Tiel, se oni posedas lensaron da tri lensoj, kiujn ni nomos A, B kaj C, estas eble efektivigi per ili ses objektivojn : unue, tri unusistemajn objektivojn per la uzo de ĉiu lenso aparte; poste kvaran objektivon per la kunparigo de A kun B, kvinan per A kun C, sesan per B kun C.

Se A havas fokusan distancon da 350 mm., B 285 mm., C 225 mm., ni efektivigos la ses jenajn objektivojn, kies rilatajn malfermojn maksimajn mi ankaŭ indikos, por montri iliajn rilatajn lumecojn.

N°	I	formita per	A = 350 mm.,	F/12,5	kampa angulo	35°
—	II	»	B = 285 mm.,	F/12,5	—	43°
—	III	»	C = 225 mm.,	F/12,5	—	53°
—	IV	»	A-B = 179 mm.,	F/7,	—	64°
—	V	»	A-C = 156 mm.,	F/7,7	—	71°
—	VI	»	B-C = 145 mm.,	F/7.	—	77°

Tiel estas kunmetita la anastigmata lensaro de Zeiss (fig. 30), kies lensoj estas rimarkinde korektitaj je la aberacioj. La kampaj anguloj respondas al la formato 13×18 cm., kies diagonalo egalvaloras 22 cm. ; ni tiam posedas, dank' al nur tiuj tri lensoj, 6 objektivojn, kiujn ni povas klasigi jene :

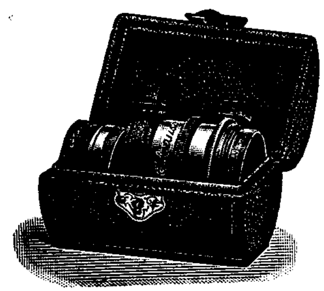


FIG. 30

La objektivoj I kaj II apartenas al la grupo III de nia klasigo (**66**). Ili estas unusistemaj objektivoj; la objektivoj III kaj IV apartenas al la grupo II, unu el ili (III) estas unusistema, la alia (IV) estas duobla. Fine, la objektivo V estas

mezgrandanguleca duobla objektivo, kaj VI estas grandanguleca. Ni do uzos : I kaj II por la malproksimaj pejzaĝoj ; III por la pejzaĝoj plej oftaj, IV por la nedaŭrecaj kaptoj ĉar ĝi estas pli lumeca ol III ; V por la proksimaj subjektoj, kaj fine VI por la tre proksimaj subjektoj, internaĵoj, proksimaj monumentoj, k. t. p.

Oni ofte timas malfacilaĵojn en uzado de lensaro : nenio tamen estas pli facila ol ĝia uzo. Jen la regulo, sekvota :

1-e. Kiam vi uzas unuoblan lenson (por efektivigi unusisteman objektivon), ĉiam ŝraŭbu tiun lenson ĉe la postaĵo de la muntaĵo, por ke la diafragmo estu antaŭe, t. e., al la incideco de la radioj.

2-e. Kiam vi kunparigas du lensojn por efektivigi duoblan objektivon, ĉiam metu postaĵen tiun, kies diametro estas plej malgranda kaj antaŭen tiun, kies diametro estas plej granda.

La uzado de objektivaro postulas kompreneble kameron kies tirebleco estas variebla.

Mi konsilas la aĉeton de objektivaro nur el la konstrueco anastigmata ; efektive, la uzado de unusistema objektivo ne anastigmata ne estas tre konsilinda, nun kiam la fabrikistoj liveras tiel bonegajn anastigmatojn unusistemajn por prezo akceptinda.

Oni povus timi, en uzado de la unuoblaj lensoj de objektivaro, ke la distordo (**60**) estus serioza malhelpaĵo por la ricevo de konvenaj vidaĵoj. Sed, tiu distordo estas preskaŭ netaksebla kun anastigmataj lensoj ; efektive, tial ke tiuj ĉi estas anastigmatoj la diafragmo povas stari tre proksime de la lenso, sekve de la noda punkto elireca, kiu estas reala kaj antaŭ la lenso ĉar tiu ĉi estas meniskforma (**18**). Plie, tiuj unuoblaj lensoj havas fokusan distancon sufiĉe longan rilate al la formato uzata, kaj en tiel nevasta kampo la distordo ne povas esti tre grava. Tiujn lensojn oni do povas uzadi eĉ por fotografi monumentojn, kies rektaj linioj fariĝas tiam tiel malmulte kurbiĝintaj, ke estus necese kompari kun liniilo la bordajn liniojn por igi tiun kurbecon taksebla.

La sola riproĉeto, kiun oni povus fari al objektivaro, estus la jena :

La lensoj, kiuj komponas ĝin, estas konstruitaj en celo efektivigi objektivojn tre lumecajn. Pro la dikeco de la lensoj kaj ilia formo nepre necesa por la lumeco efektivigota,

la maksima angulo ne superas 80° ; do, kiam oni uzas la plej grandangulecan kunmetaĵon, estas neeble elcentrigi la objektivon sur la fotografilo ne eksterigante el la maksima kampo (**49**) la bordojn de la formato uzata : La anguloj de la figuraĵoj ne estas plu lumigataj. Kaj ĝuste kiam oni bezonas grandangulecan objektivon, estas ankaŭ la okazo kiam oni bezonas multe elcentrigi la objektivon por malpliigi teran parton de l'vidaĵo ! Mi do ĉiam konsilos al tiuj, kiuj uzadas objektivaron, kompletigi tiun ĉi per speciala grandanguleca objektivo elektita en la grupo I, de nia klasigo (**66**), t. e. objektivon, kies maksima angulo multe superos 80°, kio estas la diagonala kampa angulo (**51**) kutime uzata de grandanguleca objektivo. Tiamaniere, estas eble elcentrigi la objektivon, sen ke tiu ĉi ĉesas lumigi la tutan surfacon de la formato ĝis ĝiaj bordoj.

69. — Gradiga sistemo por la diafragmoj de objektivaroj.

Ĉar la fokusaj distancoj de objektivaro estas multaj kaj la muntaĵo unuobla, oni ne povas pripensi havi gradigon de diafragmaj malfermoj tiel, kiel tiu de kutima objektivo. Antaŭ kelkaj jaroj, la diafragma gradigo de la objektivaroj montris nur la realan diametron de l'malfermo esprimita per milimetroj ; tabelo, liverita kun la ilo, sciigis la rilatan malfermon utilan laŭ la diametro reala kaj la fokusa distanco de la kunmetaĵo uzata el la objektivaro. Tiu metodo estas nun ankoraŭ tre uzata.

Mi elmontris en 1901 la eblon efektivigi por objektivaroj provizitaj je irisdiafragmoj, sistemon, dank' al kiu la sama gradigo, esprimita per la rilataj malfermoj, estas uzebla por la diversaj fokusaj distancoj de la lensaro. Por trafi tiun celon, mi gravurigis la gradigaĵon sur ĉirkaŭringo movebla, kiu ĉirkaŭas la muntaĵon de l'objektivo, kaj povas halti en iaj pozicioj, tre zorge difinitaj laŭ la fokusaj distancoj : tiel, al ses fokusaj distancoj respondas ses pozicioj de la ringo, kaj sekve de la gradigaĵo. La montrilo estas, kiel kutime, gravurita sur la movebla ringo, kiu regas la irisdiafragmon. Tiu sistemo estis fabrikata de la firmo Gaumont et C^ie^, el Parizo, sub la nomo de *Universala diafragmometro* : ĝi res-

pondis al deziro de longe esprimata de multaj fotografistoj, kiuj uzadas la objektivaron.

Mia sistemo estis, de tiu tempo, iom perfektigita kaj el ĝi devenas tiu patentita en 1903 de S-roj HOUDRY kaj DURAND.

*

VII.

KELKAJ FORMULOJ PRAKTIKAJ.

Mi devas kompletigi tiun mallongan studadon pri la fotografa optiko per kelkaj formuloj praktikaj, kiuj estos utilaj al la amatoroj.

70. — Kalkulo de la ĉefa fokusa distanco.

La ĉefa fokusa distanco (**20**) estas kutime gravurita sur la muntaĵo de l'objektivo, kaj tiu proksimuma indiko estas sufiĉe preciza praktike. Por la amatoroj, kiuj deziras pli da precizeco, mi donos rimedon por kalkuli ĝin.

UNUA METODO. — *Por la fotografiloj, kies tirebleco povas atingi almenaŭ ĝis la duoblo de l'fokusa distanco* (turistaj kameroj).

Per la malglata vitro, enfokusigu zorge la objektivon ĉe la infinito. Signu, per streko sur la tabuleto de l'kamero, kontraŭ kiu glitas la malantaŭa korpo enhavanta la malglatan vitron, la pozicion de tiu ĉi korpo.

La enfokusigo devas esti farata zorge per okulo armita per grandiga lenso *(lupeo)*.

Poste, metu la kameron antaŭ ajna desegnaĵo ; plej oportuna estas simpla rondo desegnita per cirkelo sur paperfolio ; translokigu la kameron antaŭen aŭ malantaŭen ĝis kiam la bildo de la desegnaĵo estos reproduktata, sur la malglata vitro, kun sama grandeco, post zorga enfokusigo. Vi povas antaŭe desegni sur la malglata vitro rondon samdiametran per cirkelo, kies pinton vi apogas sur peceto de vakso fiksita ĉe la mezo de la malglata vitro sur la malpolurita flanko. Post ĉiu zorga enfokusigo, vi penas koincidigi la bildon kun la rondo desegnita sur la malglata vitro; se la bildo estas iom tro granda,

vi iom malproksimigas la kameron ; se kontraŭe, la bildo estas iom malgranda, vi proksimigas la kameron; kaj ĉiufoje vi reenfokusigas zorge, ĝis kiam la bildo tre neta koincidos kun la desegnaĵo sur la malglata vitro. Vi signas tiam per dua streko la pozicion de la malantaŭa korpo. Kaj la interspaco inter tiu streko kaj la unue farita donas precize la ĉefan fokusan distancon.

Oni efektive scias ke la interspaco inter la ĉefa fokuso (**19**) kaj la simetria ebeno egalas la ĉefan fokusan distancon (**29**).

DUA METODO. — *Por la fotografiloj kies tirebleco ne povas atingi sufiĉan longecon por uzi la antaŭan metodon* (mankameroj).

Metu la kameron sur folion el blanka papero kuŝantan sur tablo iom alta. Signu per krajono sur la malglata vitro du punktojn, kiujn ni nomos A kaj B, kies interspaco vi precize notos. Tiu interspaco devas esti tiom eble plej longa, laŭ la grandeco de la malglata vitro ; la du punktoj devas esti sur *sama linio horizontala.*

Enfokusigu ĉe infinito, kaj rigardante sur la malglata vitro, vi notas punkton de objekto *tre malproksima,* kiu projeciiĝas sur la punkto A. Vi tiam signas per krajono unuan strekon sur la papera folio laŭlonge de la flanko de l'kamero, kiu tuŝas la paperon. Poste, vi turnigas iom la kameron, ĝis kiam la sama punkto de la supredirita objekto projeciiĝu sur la punkto B, kaj vi sammaniere strekas linion laŭlonge de la sama flanko de l'kamero. Tiu linio kun la antaŭe strekita formas angulon. Vi forprenas la kameron, kaj vi serĉas desegni per tiuj linioj *izocelan triangulon,* kies egalaj flankoj estos tiuj linioj mem, kaj kies bazo havos longon egalan je la interspaco A B de la du punktoj signitaj sur la malglata vitro. *La vertico de tiu triangulo egalos sufiĉe precize la ĉefan fokusan distancon de l'objektivo.*

71. — Hiperfokusa distanco.

La konado de tiu distanco (**47**) estas grava por la fotografanto. Enfokusiginte ĉe la infinito, li deziras scii de kioma distanco la objektoj estos *nete* reproduktitaj laŭ la diafragmo uzata :

Ni figuru per H la hiperfokusan distancon trovotan; per e la *duondiametron* de punkto de praktika neteco (**42**) (duondiametro de l'difuzeca punkto);
per F la ĉefan fokusan distancon (**20**);
per O la diametron de l'utila malfermo uzata (**31**, **32**);

$$H = \frac{F}{2} \quad \frac{O}{e}$$

Ekzemple, ni prenu F = 200 mm; O = 10 mm; e = 0,05 (por praktika neteco da 0,1 mm. diametre). Ni havos:

$$H = 100 \times \frac{10}{0{,}05} = 100 \times 200 = 20000 \text{ mm.}$$

aŭ 20 metroj.

La hiperfokusa distanco de objektivo havanta 200 mm. da fokusa distanco, kaj diafragmumita je F/20, estas, por praktika neteco da 0,1 mm.: 20 metroj.

La sekvanta tabelo montras la hiperfokusajn distancojn kalkulitajn por fokusaj distancoj de plej oftaj objektivoj, kaj por ĉefaj rilataj utilaj malfermoj.

La nombroj estas esprimitaj per metroj.

RILATAJ UTILAJ MALFERMOJ.

ĈEFAJ FOKUSAJ DISTANCOJ.

	f/5	f/7	f/9	f/10	f/12,5	f/14	f/18	f/20	f/25	f/28	f/36	f/40	f/50
0,100	20	14,30	11,10	10	8	7,15	5,55	5	4	3,55	2,75	2,50	2
0,105	22,05	15,75	12,25	11	8,80	7,85	6,10	5,50	4,40	3,95	3,05	2,75	2,20
0,110	24,20	17,30	13,40	12,10	9,70	8,65	6,70	6,05	4,85	4,30	3,35	3	2,40
0,115	26,45	18,90	14,70	13,20	10,60	9,45	7,35	6,60	5,30	4,75	3,65	3,30	2,65
0,120	28,80	20,55	16	14,40	11,50	10,30	8	7,20	5,75	5,25	4	3,60	2,90
0,125	31,25	22,30	17,35	15,60	12,50	11,15	8,65	7,80	6,25	5,55	4,35	3,90	3,10
0,130	33,80	24,10	18,80	16,90	13,55	12,10	9,40	8,45	6,80	6,05	4,70	4,20	3,40
0,135	36,45	26	20,20	18,20	14,60	13	10,10	9,10	7,30	6,50	5,05	4,55	3,60
0,140	39,20	28	21,80	19,60	15,60	14	10,90	9,80	7,80	7	5,45	4,90	3,90
0,145	42,05	30	23,35	21	16,80	15	11,70	10,50	8,40	7,50	5,85	5,25	4,20
0,150	45	32,10	25	22,50	18	16,10	12.50	11,25	9	8,05	6,25	5,60	4,50
0,160	51,20	36.55	28,45	25,60	20,50	18,30	14,20	12,80	10,25	9,15	7,10	6,40	5,40
0,170	57,80	41,30	32,10	28,90	23,40	20,65	16,05	14,45	11,55	10,30	8,05	7,20	5,80
0,180	64.80	46,30	36	32,40	25,90	23,15	18	16,20	12,95	11,55	9	8,10	6,50
0,190	72,20	51,55	40,10	36,10	28,90	25,80	20,05	18,05	14,45	12,90	10,05	9	7,20
0,200	80	57,15	44,45	40	32	28,55	22,20	20	16	14,30	11,10	10	8
0,220	96,80	69,15	53,80	48,40	38,70	34,55	26,90	24,20	19,35	17,30	13,45	12,10	9.70
0,240	115,20	82,30	64	57,60	46,10	41,15	32	28,80	23,05	20,55	16	14,40	11,50
0,260	135,20	96,55	75,10	67,60	54,10	48,30	37,55	33,80	27,05	24,15	18,80	16,90	13,50
0,280	156,80	112	87,10	78,40	62,70	56	43,55	39,20	31,35	28	21,80	19,60	15,70
0,300	180	128,55	100	90	72	64,30	50	45	36	32,15	25	22,50	18

(E. Wallon, *Choix et usage des objectifs photographiques.*)

Praktike, estas rekomendate, post kiam oni kalkulis la hiperfokusan distancon, efektivigi la enfokusigon ĉe tiu ĉi distanco; la tre malproksimaj objektoj estos ja netaj nur laŭ la neteco tolerata (0,1 mm en la supredirita ekzemplo), sed tio sen ia malutilo, kontraŭe: la ŝajna perspektivo de l'figuraĵo estos tiel pli agrabla, ĉar la frontaj objektoj sidantaj proksime estos plej netaj, kaj elstaros pli reliefe rilate al la malproksimaj. Plie, la neteco de la objektoj pli proksimaj estos ankaŭ pli bona. Ĝis kioma distanco, al la objektivo, ĉi tiuj objektoj donos bildon praktike netan? Ni tuj kalkulos ĝin.

Sed antaŭe, mi donos la formulon por kalkuli la diametron de utila malfermo kiam oni antaŭdifinis la hiperfokusan distancon. En tiu kazo:

$$O = \frac{H}{F} 2e$$

La formulo estas sufiĉe simpla por ke ekzemplo ne estu necesa.

72. — Limo de la neteca kampo por enfokusigo ĉe la hiperfokusa distanco.

Ni kalkulas antaŭe la hiperfokusan distancon (**71**). Se la enfokusigo estas ĉe tiu distanco, kaj se ni volas scii la limon de la neteca kampa profundeco (**46**), t. e. la distancon, kiun ni figuros per P, de kiu la objektoj estos netaj ĝis la infinito, ni ĝin kalkulos per la formulo jena:

$$P = \left(\frac{H}{2H - F} \right) H$$

Laŭ la supredirita ekzemplo,

$$P = \frac{20}{40 - 0{,}20} \times 20 = 20 : 39{,}8 \times 20 = 10{,}04$$

t. e. 10 metroj.

La limo de la kampo por enfokusigo ĉe la hiperfokusa distanco, estas do praktike la duono de tiu hiperfokusa distanco, por sama neteca grado.

73. — Limoj de la kampa profundeco por enfokusigo ĉe distanco pli proksima ol la hiperfokusa distanco.

Kiam la enfokusigo estas farita ĉe distanco D pli proksima ol la hiperfokusa distanco :

I.— La limo P′ de l'kampa profundeco al la infinito estas donita, per la jena formulo :

$$P' = \left(\frac{H}{H - D + F}\right) D$$

Ekzemplo por la supredirita objektivo, kies H = 20 m., se ni konsideras D = 5 m. :

$$P' = \left(\frac{20}{20 - 5 + 0{,}2}\right) 5 = 20 : 15{,}2 \times 5 = 6{,}55$$

La limo P′ sidas do je 6 metroj kaj 55 cm. de la objektivo.

II. — La limo P de l'kampa profundeco al la objektivo estas donita per la jena formulo :

$$P = \left(\frac{H}{H + D - F}\right) D$$

Ekzemplo por la supredirita objektivo laŭ samaj kondiĉoj :

$$P = \left(\frac{20}{20 + 5 - 0{,}2}\right) 5 = 20 : 24{,}8 \times 5 = 4{,}03.$$

La limo P sidas do je 4 metroj kaj 3 cm. de la objektivo.

74. — Kalkulo de la ampleksiĝoj. — Rilatoj de grandecoj.

Kiam oni deziras reprodukti ajnan objekton aŭ desegaĵon por ricevi fotografaĵon je antaŭdifinitaj dimensioj, estas multe pli oportuna sciiĝi pri la interspaco metota inter la

objektivo kaj la reproduktota subjekto, ol serĉi per multaj provetoj kioma estas tiu interspaco.

La kalkulo ja estas tre simpla.

Ni scias ke oni povas konsideri ĉefan fokuson por ĉiu flanko de lenso (**29**) aŭ objektivo. Se ni nomas F*i* la ĉefan fokuson sidantan al la incideca flanko kaj F*e* tiun sidantan al la elireca, ni diros ke la distanco ĉe kiu oni devas meti reproduktotan objekton por ricevi reproduktaĵon n-oble pli malgrandan, sidos ĉe distanco de F*i*, egala je n × F; la bildo formiĝos aliparte en la fotografilo ĉe distanco de F*e* egala je $\frac{F}{n}$. Alidirite, se ekzemple ni volas reprodukti ion, malgrandigante 8-oble, ni metos ĝin ĉe 8 F de F*i*, t. e. ĉe 8 F + F de la noda punkto incideca, kiu estas tre proksima je la diafragmo en duobla objektivo.

Sammaniere, la bildo formiĝos ĉe $\frac{F}{8}$ de F*e*, t. e. ĉe $\frac{F}{8} + F$ de la elireca noda punkto, kiu ankaŭ sidas tre proksime de l'diafragmo.

Ni konsideru tion ĉi formule : se ni nomas G la grandecan rilaton inter la reproduktota objekto kaj ĝia bildo, D la interspacon difinotan inter tiu objekto kaj la noda punkto incideca de l'objektivo (praktike ni povas konsideri ĝin sidanta ĉe la diafragmo), ni havos :

$$D = (G + 1) F$$

Ekzemple, se ni faras G = 5, F = 15 cm, ni kalkulos :

$$D = (5 + 1)\ 15 = 6 \times 15 = 90 \text{ cm}.$$

Sekve, por reprodukti ion kvinoble pli malgrande, vi metos la reproduktotan objekton je 90 cm de la diafragmo de objektivo havanta fokusan distancon da 15 cm.

Vi povos, poste, enfokusigi la bildon ; sed tiu enfokusigo estos pli rapide efektivigata, sen longaj kaj maloportunaj provetoj, se vi kalkulas antaŭe la interspacon inter la dia-

fragmo kaj la malglata vitro sur kiu formiĝas tiu bildo. Tiu interspaco, kiun ni nomos D', estas donita per la jena formulo :

$$D' = \frac{F}{G} + F$$

Ekzemplo, en la suprediritaj kondiĉoj :

$$D' = \frac{15}{5} + 15 = 3 + 15 = 18 \text{ cm.}$$

Poste, vi havos nur tre iometan kaj facilan operacion por perfektigi la enfokusigon. Se vi estus koninta tre precize la poziciojn de l'nodaj punktoj, rilate al la diafragma ebeno, vi ne bezonus retuŝi la enfokusigon. Sed praktike, la ĵus priskribita metodo estas tre sufiĉa por kutima laboro, tial ke la iometa retuŝo pri la enfokusigo estas facila kaj rapida kaj evitas kalkulon pli longan.

Mi rimarkigos ke la ebenoj, kie sidas la reproduktota objekto kaj ĝia bildo, estas la ebenoj de la kunfokusoj (**26**).

Mi rimarkigos plie, ke la kalkuloj estas tute samaj, kiam oni deziras *grandigi* la reproduktaĵon anstataŭ malgrandigi. Sed en tia okazo D fariĝas D', kaj reciproke D' fariĝas D en la suprediritaj formuloj ; la plej mallonga kunfokusa distanco estas al la flanko de l'incideco.

75. — Enfokusigo per kalkulo de objektivo ĉe proksimaj distancoj.

La enfokusigo per la vido de la bildo sur la malglata vitro ne povas esti tre precizega. Malgraŭ la uzado de bona lupeo, oni sukcesas al sufiĉa enfokusigo nur post kelkaj provoj. Plie, oni ne povas ĉiam enfokusigi oportune sur la malglata vitro : en ĉambroj tre mallumaj, en la preĝejoj, k. a., la enfokusigo iĝas ofte tute neebla pro nesufiĉa lumo. Estas multe pli rapida kaj praktika difini antaŭe per la kalkulo la pozicion de l'objektivo aŭ de la malantaŭa korpo de l'kamero, por enfokusigo ĉe plej kutimaj distancoj.

La kalkulo estas tre simpla.

Unue, vi difinas precize la pozicion de la moviĝebla

parto, — *la enfokusiga parto* — de l'kamero, por enfokusigo ĉe infinito. Estos bone fari kelkajn kliŝojn el tre malproksimaj objektoj (sidantaj almenaŭ 500 foje la fokusa distanco de l'objektivo), iom translokigante la enfokusigan parton ĉe ĉiu plato ; vi zorgas signi ĉiujn platojn kaj la poziciojn kie ĉiu el ili estis farita. Post rivelado, vi elektas la plej netan kliŝon, kaj signas per streko la pozicion de l'enfokusiga parto respondantan al tiu kliŝo. Tiun strekon ni signos ∞ ; ĝi respondas al la enfokusigo ĉe infinito.

Tiu supredirita operacio trafas grandan precizecon : vi povas ĝin forlasi, se vi kontentigas vin je proksimuma neteco.

La pozicio P' de la enfokusiga parto por ajna distanco, kiun ni nomos P, estas donita de la jena formulo :

$$P' = \frac{P\ F}{P - F}$$

Tiu pozicio estas mezurota de la elireca noda punkto (**18**) ; sed, por ke ĝi estu mezurota de la signo ∞, sufiĉas subtrahi el la trovita nombro la ĉefan fokusan distancon. Vi povas preni la indikon de la fokusa distanco gravuritan sur la muntaĵo de l'objektivo. Ĝi estas proksimuma, sed tamen sufiĉa por ne okazigi gravan eraron. Se vi deziras pli da precizeco, vi devos kalkuli la ĉefan fokusan distancon kiel mi klarigis (**70**).

Ekzemple :

Ni havas objektivon, kies ĉefa fokusa distanco egalas 150^{mm}. Ni unue signis la pozicion de ∞, t. e. la pozicion de la enfokusiga parto por enfokusigo ĉe infinito. Ni deziras kalkuli la pozicion P' de tiu ĉi parto por enfokusigo ĉe 12 metroj.

La formulo donas :

$$P' = \frac{12000 \times 150}{12000 - 150} = \frac{1800000}{11850} = 151{,}8$$

el kiu ni subtrahas F = 150 mm.

$$151{,}8 - 150 = 1{,}8$$

La pozicio serĉita estas do ĉe 1 mm, 8 de la signo ∞, kaj kompreneble pli *malproksima* je l'objektivo ol ∞.

Estas facile kalkuli tiel gradaron, kiun vi gravuros sur metala aŭ celuloida plateto fiksita sur la kamero, kaj laŭlonge de kiu ajna montrilo translokiĝos kun la enfokusiga parto. Tiu gradaro, kalkulita por la ĉefaj distancoj, ĉe kiuj vi povas esti bezononta enfokusigi, faciligas la enfokusigon. Vi mezuras aŭ taksas vide la distancon de l'objekto ĉe kiu vi volas enfokusigi, kaj poste, sufiĉas transloki la enfokusigan parton de l'kamero tiamaniere ke la montrilo montras la strekon dé gradaro respondantan al tiu distanco.

76. — Kalkulo de l'espoza tempo.

Ĉar lernolibro pri la fotografa optiko ne povas finiĝi sen tabelo por sciigi la espozan tempon laŭ la diafragmo uzata, la subjektoj fotografotaj, kaj la lumo, kiu lumigas tiujn·ĉi, mi donos la jenan tabelon, tre facile uzeblan, verkitan de S-roj **Huillard** kaj **Cousin** laŭ la tabeloj de *Bunsen*, *Roscoe* kaj *Chapel d'Espinassoux*. Ĝi taŭgas por la platoj el kutima impresiĝemo (kiel la marko Lumière, serio blua aŭ ortokromata, k. a.).

Uzu ĝin jene :

Elektu en ĉiu el tri jenaj tabeloj (I luma intenseco; II subjekto fotografota ; III diafragmo) la nombron rilatan al kondiĉoj en kiuj vi fotografas. Sumigu tiujn tri nombrojn kaj legu en la tabelo IV (tempo de espozo) sub la nombro trovita kiel ĵus dirite, la tempon de espozo.

I. — Luma intenseco.

HOROJ matenaj		11	10	9	8	7 30	7	6 30	6	5 30	5
HOROJ vesperaj		1	2	3	4	4 30	5	5 30	6	6 30	7
Junio kaj Julio	*A*	1	1	2	3	4	5	6	8	10	13
	B	7	7	8	8	9	9	9	10	12	13
	C	9	9	9	10	10	11	11	12	13	14
	D	11	11	12	12	13	13	13	14	16	17
Majo kaj Aŭgusto	*A*	1	2	3	4	5	6	7	9	12	
	B	7	7	8	9	9	9	10	12	12	
	C	9	9	10	10	11	11	12	13	15	
	D	11	11	12	13	13	14	14	16	17	
Aprilo kaj Septembro	*A*	2	3	3	5	6	8	13			
	B	8	8	8	9	10	10	13			
	C	9	10	10	11	11	12	15			
	D	11	12	13	13	14	14				
Marto 15 al 31 kaj Oktobro 1 al 15	*A*	3	3	4	6	7	10	12			
	B	8	8	9	10	10	12	13			
	C	9	10	11	11	12	14	15			
	D	12	12	13	13	14	16	17			
Marto 1 al 15 kaj Novembro 15 al 31	*A*	3	4	5	7	9	12	13			
	B	8	8	9	10	12	13	16			
	C	10	10	11	12	14	15				
	D	12	13	13	15	16	17				
Februaro 15 al 29 kaj Novembro 1 al 15	*A*	4	4	6	9	12					
	B	8	9	10	12	13					
	C	10	11	11	14	15					
	D	13	13	14	16	17					
Februaro 1 al 15 kaj Novembro 15 al 30	*A*	5	6	7	11	13					
	B	9	10	10	13	15					
	C	11	11	12	14	17					
	D	13	13	14	17						
Januaro 15 al 31 kaj Decembro 1 al 15	*A*	6	7	9	13	16					
	B	9	10	12	13	16					
	C	11	12	14	15						
	D	14	14	16	17						
Januaro 1 al 15 kaj Decembro 15 al 31	*A*	7	8	11	16						
	B	10	10	13	16						
	C	12	12	14							
	D	14	14	17							

A = Blua ĉielo treege lumeca kaj diafana, kaj plena sunlumo sur la subjekto.

Uzu A nur escepte kaj por la subjektoj signitaj per * en la sekvanta tabelo; por la aliaj subjektoj, pliigi la nombron rilatan al A po 3 unuoj.

B = Ĉielo blua aŭ helblanka. Nenia sunlumo sur la subjekto.

C = Ĉielo nubeca kaj griza.

D = Ĉielo kun nuboj kaj tre malhela.

II. — Subjekto

* Nuboj	1
* Maro; neĝo	4
* Ŝipoj sur maro; Glaciejoj kun rokoj	9
* Malproksimaĵoj kaj panoramoj, sen verdaĵaj masoj	7
* » » kun verdaĵaj masoj helaj	9
* » » — — — malhelaj	10
Verdaĵaj vidaĵoj kun akvaĵoj	11
» proksimaĵoj	14
Bordoj de riveroj kun ombroj	17
Subarbaĵoj malmulte kovritaj, tre lumecaj	17
» » malpli —	20
» tre kovritaj	22
Subarbaĵoj tre kovritaj kun malhelaj trunkoj en proksimaĵoj	26
Fundaĵoj de valetoj kun ombroj	26
Kavaĵoj de rokoj	20
Blankaj monumentoj; vidaĵoj kun proksimaĵoj tre lumigataj	10
Malhelaj monumentoj; vidaĵoj kun proksimaĵoj malmulte lumigataj	13
Arkitekturaj detaloj, el hela ŝtono	17
» » » malhela ŝtono	17
Internaj kortoj, parte en ombro	14
Vivuloj; grupoj; neviva naturo	14

III DIAFRAGMO

f : 6.3	1
f : 7	2
f : 8	3
f : 9	4
f : 10	5
f : 11	6
f : 12.5	7
f : 14	8
f : 16	9
f : 18	10
f : 20	11
f : 23	12
f : 25	13
f : 28	14
f : 32	15
f : 36	16
f : 40	17
f : 45	18
f : 50	19
f : 56	20
f : 64	21
f : 72	22

IV. Tempo de Espozo.

Nombro	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Sekundo	1/250	1/200	1/160	1/125	1/100	1/80	1/60	1/50	1/40	1/30	1/25	1/20	1/16	1/12
Nombro	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
Sekundo	1/10	1/8	1/6	1/5	1/4	1/3	2/5	1/2	2/3	4/5	1	1 1/4	1 2/3	2
Nombro	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
Sekundo	2 1/2	3 1/2	4	5	7	8	10	13	16	20	25	32	40	50
Nombro	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Minutoj	1	1 1/4	1 2/3	2	2 1/2	3 1/2	4	5	7	8	10	13	16	20

Kiam la subjekto, kia ajn ĝi estas, vidiĝas kun fortegaj kontrastoj (lumaj aŭ koloraj), estas nepre necese duobligi kaj eĉ triobligi la trovitan tempon de espozo.

EXEMPLO

Kondiĉoj en kiuj oni fotografas :

I. — La 20-an de marto, je la 3-a horo, dum ĉielo kun vastaj blankaj nuboj.

II. — Fotografado de preĝejo.

III. — Diafragmo F/32.

Oni trovas en ĉiu tabelo :

I. — Marto, 15 al 31, ĉielo B, je la 3-a horo	=	9
II. — Subjekto : malhela monumento	=	13
III. — Diafragmo F/32	=	15
Sumo		37

En la tabelo IV oni legas sub la nombro 37 la espozan tempon = 2 sekundoj.

TEKNIKAJ VORTOJ KAJ ESPRIMOJ

uzataj en fotografa optiko kaj ilia franca traduko.

Luma radio	rayon lumineux
— *fasko*	faisceau —
— *fasketo*	pinceau —
— *fonto*	source de lumière
Incidi	incider
Incidanta radio, incida radio	rayon incident
Incideco, incido	incidence
Incideca angulo	angle d'incidence
Noda incideca punkto	point nodal d'incidence
Eliri	émerger
Eliranta, elira radio	rayon émergent
Elireco, eliro	émergence
Elireca angulo	angle d'émergence
Noda elireca punkto	point nodal d'émergence
Rifrakti	se réfracter
Rifrakto	réfraction (phénomène)
Rifrakteco	réfraction (caractère)
Rifrakteca angulo	angle de réfraction
Duobla rifrakto	double réfraction
Rifrakta ebeno	plan de réfraction
Rifrakta indico, rifraktindico	indice de réfraction
Rifrakta radio	rayon réfracté

Rifraktigi	réfracter (sens transitif)
Rifraktiga ebeno	plan réfringent
Rifraktiga medio	milieu réfringent
Rifraktiga angulo	angle réfringent
Rifraktiga povo, rifraktigeco	pouvoir réfringent, réfringence
Rifraktema radio	rayon réfrangible
Rifraktemeco	réfrangibilité
Devia angulo	angle de déviation
Difuzigi	diffuser (tr.)
Difuziga surfaco	surface diffusante
Difuzigilo	diffuseur
Spektro	spectre
Ultra-violo	ultra-violet
Infra-ruĝo	infra-rouge
Aktineco	actinisme
Aktineca radio	rayon actinique
— fokuso	foyer chimique
Nenormala vitro	verre anormal
Kurbeca centro	centre de courbure
Skreno	écran
Tanĝi	être tangent
Tanĝanta	tangentiel
Tanĝanteca punkto	point de tangence
Tangento	Tangente (trigonométrique)
Reala punkto, bildo	point, image réelle
Virtuala —, —	—, — virtuelle
Poluso	pôle (de lentille)
Eldistanco	tirage
Dioptrio	dioptrie
Fokuso	foyer
Ĉefa fokuso	— principal
Ĉefa akso	axe principal
Sekundaria akso	— secondaire
Optika centro	centre optique
Noda punkto	point nodal
— — incideca	— — d'incidence
— — elireca	— — d'émergence

Ĉefa fokusa distanco	distance focale principale
— — surfaco	surface — —
Fokusa longeco	longueur focale
Fokusa ebeno	plan focal
Sekundaria fokuso	foyer secondaire
Kunfokusoj	foyers conjugués
Kunfokusaj distancoj	distances focales conjuguées
Fokusa volumeno	volume focal
Fokusa dikeco	profondeur de foyer
Hiperfokusa distanco	distance hyperfocale
Reflekti	se réfléchir
Reflekto	réflexion (phénomène)
Reflekta radio	rayon réfléchi
Tuta reflekto	réflexion totale
Reflekta ebeno	plan de réflexion
Reflekteca angulo	angle de réflexion
Reflektigi	réfléchir (trans.)
Reflektiga ebeno	plan réfléchissant
— surfaco	surface réfléchissante
Prismo por tuta reflekto	prisme à réflexion totale
Lima angulo	angle limite
Normalo (perpendiklo)	une normale (perpendiculaire)
Dispersi	se disperser
Disperso	dispersion (phénomène)
Disperseca angulo	angle de dispersion
Dispersigi	disperser (trans.)
Dispersiga povo, dispersigeco	pouvoir dispersif
Lensa sistemo	système lenticulaire
Menisko	ménisque
Konveksa lenso	lentille convexe
Eben-konveksa lenso	— plan-convexe
Konkava lenso	— concave
Eben-konkava lenso	— plan-concave
Konverĝi	converger (intrans.)
Konverĝa fasko	faisceau convergent
Konverĝeco	convergence (d'un faisceau)
Konverĝigi	faire converger
Konverĝiga lenso	lentille convergente
— menisko	ménisque convergent
Konverĝigeco	convergence (d'une lentille)
Diverĝi	diverger (intrans.)
Diverĝa fasko	faisceau divergent

Diverĝeco	divergence (d'un faisceau)
Diverĝigi	faire diverger
Diverĝiga lenso	lentille divergente
— *menisko*	ménisque divergent
Diverĝigeco	divergence (d'une lentille)
Difuzi	se diffuser
Difuzo	diffusion (phénomène)
Difuzeco	diffusion (état)
Difuzeca cirklo	cercle de diffusion
Difuza lumo	lumière diffuse
Simetriaj punktoj	points symétriques
— *ebenoj*	plans —
Kampa profundeco	profondeur de champ
— *angulo*	angle de champ
Kampo de videbleco	champ de visiblité
Neteca kampo	champ de netteté
Diafragmo	diaphragme
Diafragmumi	diaphragmer
Utila malfermo	ouverture utile
Reala —	— réelle
Utila malfermo rilata	ouverture relative utile
Centraj radioj	rayons centraux
Randaj radioj	— marginaux
Lumeco	clarté, luminosité
Aberacio	aberration
Sfereca aberacio	— de sphéricité
Kromata, kromateca aberacio	— chromatique
Rifraktemeca —	— de réfrangibilité
Astigmateca —	— astigmatique
Korekto	correction
Kaŭstiko	caustique
Kaŭstika pinto	pointe de caustique
Aplanata lenso	lentille aplanétique
Aplanateco	aplanétisme
Aplanato	un aplanat (objectif)
Akromata lenso	lentille achromatique
Akromateco	achromatisme
Ĥemia fokuso, aktineca fokuso	foyer chimique

Distordo	distorsion
— *barelforma, konveksa*	— en barillet
— *konkava*	— en croissant
Rektilinea objektivo, rektilineo	un rectiligne (objectif)
Astigmateco	astigmatisme
Anastigmato	un anastigmat
Radiumanta	● radiant
Radiuma distordo	distorsion radiale (anastigmat.)
Tanĝanteca distordo	— tangentielle
Normaleca sistemo	système de caractère normal
Nenormaleca —	— — anormal
Normaleca paro	couple de caractère normal
Nenormaleca paro	— — anormal
Kovrita surfaco	surface couverte (nettement par un objectif)
Simetria objektivo	objectif symétrique
Nesimetria —	objectif dissymétrique, asymétrique

⁂

Ĉiuj rajtoj de traduko kaj represado rezervitaj.

TABELO DE ENHAVO

Paragrafoj Paĝoj

Antaŭparolo 5

I. — OPTIKAJ FENOMENOJ DE LA LUMAJ RADIOJ.

1. — Fasko kaj radio 8
2. — Rifrakto 8
3. — Reflekto 9
4. — Tuta reflekto 9
5. — Rifrakto tra medio havanta paralelajn surfacojn . 10
6. — Rifrakto tra medio havanta neparalelajn surfacojn. — Prismo 10
7. — Prismo por tuta reflekto 11
8. — Spektro 11
9. — Strekoj de spektro 12
10. — Disperso 12
11. — Radioj ultra-violaj kaj infra-ruĝaj 12

II. — LENSOJ KAJ OBJEKTIVOJ.

Optikaj fenomenoj de la faskoj trairantaj lensojn.

12. — Lensoj 13
13. — Lensa sistemo. Objektivo 14
14. — Specialaj vitroj uzataj por lensoj 14
15. — Ĉefa akso 15
16. — Reala punkto kaj virtuala punkto 15
17. — Optika centro. — Sekundariaj aksoj 15
18. — Nodaj punktoj 16
19. — Fokuso. Ĉefa fokuso 17
20. — Fokusa distanco ĉefa 17
21. — Dioptrio 18
22. — Sekundariaj fokusoj. — Ĉefa fokusa surfaco . . . 18
23. — Bildoj virtualaj kaj realaj 18
24. — Fokusa ebeno. — Enfokusigo. — Ĉefa fokusa ebeno 19
25. — Proprecoj de l'aksoj 19
26. — Kunfokusoj 10
27. — Kunfokusaj distancoj 20
28. — Rilato de grandeco 20
29. — Simetriaj punktoj. — Simetriaj ebenoj 20
30. — Diafragmo 21
31. — Malfermo reala. — Malfermo utila 22
32. — Koeficiento de utila malfermo 22
33. — Utila malfermo rilata 23
34. — Lumeco de objektivo 23
35. — Lumeca unuo de l'Kongreso 24
36. — Gradigo de l'diafragmoj, laŭ la Kongreso de 1889 24
37. — Aliaj sistemoj de gradigo por diafragmoj. Sistemo de Zeiss 24
38. — Sistemo de D-ro Stolze 25

39. — Sistemo de la Reĝa Societo Fotografa de Anglujo 25
40. — Sistemo de l'Internacia Kongreso de 1900 25
41. — Por sciiĝi pri kia sistemo de gradigo 26

III. — PROPRECOJ DE L'FASKOJ TRAIRANTAJ LENSOJN.

42. — Pratika neteco 26
43. — Fokusa dikeco 26
44. — Fokusa volumeno 27
45. — Influo de l'diafragmo al la fokusa dikeco 27
46. — Kampa profundeco 27
47. — Hiperfokusa distanco 28
48. — Influo de l'diafragmo al la kampa profundeco kaj al la hiperfokusa distanco 28

IV. — OBJEKTIVAJ ANGULOJ.

49. — Kampo de videbleco. Maksimuma angulo 29
50. — Kampo de neteco. Angulo de neteca kampo . . . 29
51. — Kampa angulo 29

V. — ABERACIOJ.

Optikaj proprecoj de lensoj kaj objektivoj.

52. — Aberacio 30
53. — Kaŭstiko 30
54. — Sfereca aberacio 31

55. — Influo de l'diafragmo al la sfera aberacio 31
56. — Aplanateco 31
57. — Aberacio de rifraktemeco 32
58. — Akromateco 33
59. — Aberacioj specialaj al la faskoj de sekundariaj aksoj 34
60. — Distordo 34
61. — Objektivoj simetria aŭ nesimetria 35
62. — Astigmateco 35
63. — Korekto de l'astigmateco 37
64. — Oportuneco de l'uzado de anastigmatoj 38

VI. — KLASIGO KAJ ELEKTO DE OBJEKTIVOJ.

65. — Diversaj specoj de objektivoj 39
66. — Klasigo de l'objektivoj 40
67. — Pri la elekto de objektivo 42
68. — Lensaroj aŭ objektivaroj 47
69. — Gradiga sistemo por la diafragmoj de objektivoarj. 49

VII. — KELKAJ FORMULOJ PRAKTIKAJ.

70. — Kalkulo de la ĉefa fokusa distanco 50
71. — Kalkulo de la hiperfokusa distanco 51
72. — Limo de la neteca kampo por enfokusigo ĉe hiperfokusa distanco 53
73. — Limoj de l'kampa profundeco por enfokusigo ĉe distanco pli proksima ol la hiperfokusa distanco 54
74. — Kalkulo de l'ampleksiĝoj. Rilatoj de grandecoj . . 54

75. — Enfokusigo per kalkulo de objektivo ĉe proksimaj distancoj 56
76. — Kalkulo de l'espoza tempo 58
Teknikaj vortoj kaj esprimoj uzataj en fotografa optiko, kaj ilia franca traduko 63

ERATUMOJ

Je la paĝo 9, en la klariga teksto de la figuraĵo 1, anstataŭ: *rifraktiga radio,* legu: *rifrakta radio.*

Je la paĝo 20, linio 5, anstataŭ: *ili formas fokusojn, kiujn...*, legu: *ili formas fokuson, kiu...*

Je la paĝo 21, linio 2, anstataŭ: *ĉefa fokuso,* legu: *ĉefa fokusa distanco.*

Je la paĝo 21, linio 22, anstataŭ: *ne estas plu egalaj..*, legu: *ne estus plu egalaj..*,

Je la paĝo 23, linio 20, anstataŭ: *objekto sidantaj*, legu: *objekto sidanta.*

Je la paĝo 23, linio 31, anstataŭ: *ankoraŭ egalaj*, legu: *ankaŭ egalaj.*

Je la paĝo 24, linio 7, anstataŭ: *je la kvadrato...*, legu: *je la kvadratoj...*,

Je la paĝo 25, linio 4, anstataŭ: *gradigoj...*, legu: *sistemoj.*

Je la paĝo 25, linio 4 de malsupre, anstataŭ: *ciferojn..*, legu: *nombrojn...,*

Je la paĝo 26, linio 4, anstataŭ: *ciferon...*, legu: *nombron...*

Je la paĝo 27, linio 24, legu: la parto G G de luma fasko *konverĝa* ne foriras...

Je la paĝo 29, paragrafo 49 linio 3, legu: limigata sur la *ĉefa* fokusa ebeno...

Je la paĝo 29, linio 7 de malsupre, anstataŭ: *diafragmi*, legu: *diafragmumi*.

Je la paĝo 30, linio 2 de la paragrafo 52, anstataŭ: *aberacio*, legu: *aberacioj*.

Je la paĝo 31, linioj 28 kaj 30, anstataŭ : *diafragmo*, legu : *diafragmumo*.

Je la paĝo 31, linio 8 de malsupre, legu: uzebla nur por objektivo, *kiun oni volas lumeca* ...

Je la paĝo 31, linio 4 de malsupre, anstataŭ: *sfera aberacio*..., legu: *sfereca aberacio* ...,

Je la paĝo 32, linio 8 de malsupre, anstataŭ: *kunmetitaj lensoj*, legu: *kunparigitaj lensoj*.