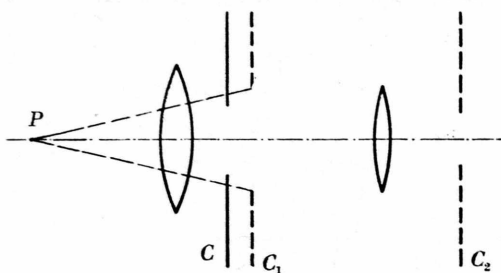


grafických prístrojov sú veľmi značné. Pomerne veľmi dokonalý trojšošovkový fotografický objektív skonštruoval už r. 1840 slovenský matematik a optik, neskoršie profesor viedenskej techniky Jozef Maximilián Petzval. Používa sa po malých úpravách dodnes.

12.3. Vplyv cloniek na svetelnosť a kvalitu obrazu. Zväzok svetelných lúčov, vychádzajúcich z bodového svetelného zdroja na optickej osi zobrazovacieho zariadenia, býva niekedy aj úmyselne obmedzovaný *clonkami*, t. j. nepriehlad-



Obr. 12.10.

nými tenkými doskami s kruhovými otvormi. Ich stredy sa nachádzajú na optickej osi zobrazovacieho zariadenia a patria k nim aj obruby šošoviek a zrkadiel, napríklad obvod kruhového odrazového zrkadla zrkadlového galvanometra. Tá clonka, ktorá pri danej polohe predmetu zväzok svetelných lúčov najviac obmedzuje, nazýva sa *hlavná clonka*.

Nájdeme ju takto: Každá clonka

rozdeľuje optické zariadenie na dve časti: na časť, ktorá sa vzhľadom na ňu nachádza proti chodu svetla, a na druhú časť (obr. 12.10). Nech C_1 je obrazom clonky C , vytvorený vstupnou časťou stroja pri opačnom chode svetla. C je potom obrazom C_1 pri skutočnom chode svetla. Každý svetelný lúč, ktorý prejde otvorom obrazu C_1 , prejde preto aj otvorom skutočnej clonky C a naopak. Hlavná je teda tá clonka, ktorej obraz, vytvorený vstupnou časťou prístroja pri opačnom chode svetla, sa z bodu P na osi zariadenia pozoruje pod najmenším zorným uhlom. Tento jej obraz sa volá *vstupná pupila*. Obraz vstupnej pupily vytvorený celým zobrazovacím zariadením nazýva sa *výstupná pupila*. Obrazy okulárov optických prístrojov sa zhotovujú tak, aby pri pozorovaní výstupná pupila splývala so zorničkou oka.

Nech je jas plošného predmetu, na optickú os zobrazovacieho zariadenia kolmého, J_0 . Ak jeho vzdialenosť od vstupnej pupily je l a priemer vstupnej pupily je d , z plošky dS vstupuje do zobrazovacieho zariadenia svetelný tok

$d\Phi = J_0 \omega dS = J_0 \frac{\pi d^2}{4l^2} dS$. Ak pritom bočné zväčšenie zariadenia prislú-

chajúce polohe predmetu je z , intenzita osvetlenia (stručne *svetelnosť*) zobrazo-

vacím zariadením vytváraného obrazu je $E = \frac{d\Phi}{z^2 dS} = J_0 \frac{\pi d^2}{4l^2 z^2}$. Vo vzorci

pre bočné zväčšenie $z = y'/y = -f/x$ v prípade, že zobrazovaný predmet je dosť ďaleko a — ako je to napríklad pri fotografických objektívoch — ohnis-

ková vzdialenosť zobrazovacieho zariadenia malá, namiesto x môžeme písať l . Máme potom

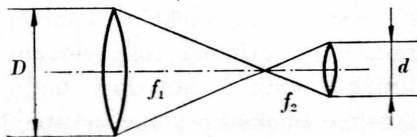
$$E = J_0 \frac{\pi d^2 l^2}{4 l^2 f^2} = \frac{\pi J_0}{4} \left(\frac{d}{f} \right)^2 \quad (1)$$

Podľa tohoto výsledku v niektorých prípadoch svetelnosť obrazu nie je závislá od vzdialenosti predmetu od zobrazovacieho zariadenia. Zlomok d/f , ktorý vystupuje vo vzorci (1), nazýva sa potom svetelnosť zobrazovacieho zariadenia, napríklad fotografického objektívu, a udáva sa obyčajne v tvare podielu, v ktorom delencom je číslo 1, napríklad $s = d : f = 1 : 4,5$, čo v tomto prípade značí, že ohnisková vzdialenosť je 4,5-krát väčšia ako priemer vstupnej pupily, t. j. u nezaclonených objektívov prakticky priemer ich vstupnej šošovky.

Vzorec (1) možno použiť aj pre ďalekohľady, keď sa rozhodneme považovať ho za vzorec udávajúci intenzitu osvetlenia sietnice oka a súčasne pod písmenom f rozumieme výslednú predmetovú ohniskovú vzdialenosť sústavy ďalekohľad—oko. Pri hodnotení svetelnosti obrazov vytváraných ďalekohľadmi je napriek tomu výhodnejšie voliť tento názornejší postup:

Keďže ďalekohľadom pozorujeme vzdialené predmety, z bodu, ktorý sa nachádza na optickej osi ďalekohľadu, vstupuje do ďalekohľadu valcovitý zväzok prakticky vzájomne rovnobežných lúčov s prierezom rovnajúcim sa plošnému obsahu vstupnej pupily ďalekohľadu. Jej priemer nech je D . Ďalekohľadom zmenší sa tento zväzok na zväzok opäť vzájomne rovnobežných lúčov s priemerom d , rovným priemeru výstupnej pupily ďalekohľadu. Podľa obr. 12.11 je pritom splnená rovnica $D : d = f_1 : f_2$.

Majme teraz na mysli pozorovanie plošky tvaru štvorca so stranou a , na optickú os ďalekohľadu kolmej, ktorá sa nachádza vo vzdialenosti l pred jeho vstupnou pupilou. Jej jas nech je J_0 . Ak priemer zorničky ďalekohľadom sa pozorujúceho oka je $d_0 > d$, vysiela táto ploška do oka svetelný tok



Obr. 12.11.

$$\Phi = J_0 \omega a^2 = J_0 \frac{\pi D^2}{4 l^2} a^2 = J_0 \frac{\pi d^2}{4 l^2} \cdot \frac{f_1^2}{f_2^2} a^2$$

ktorý, ak f' je obrazová ohnisková vzdialenosť oka, osvetlí na jeho sietnici plochu

$$(u'f')^2 = (uz_u f')^2 = \frac{a^2 f_1^2}{l^2 f_2^2} f'^2$$

a vytvorí tam intenzitu osvetlenia

$$E = \frac{\Phi}{(u'f')^2} = \frac{J_0 \pi d^2}{4f'^2}$$

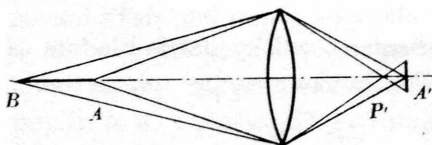
nezávislú od zväčšenia ďalekohľadu. Táto intenzita pri pozeraní voľným okom by bola

$$E_0 = \frac{J_0 \pi d_0^2}{4f'^2}$$

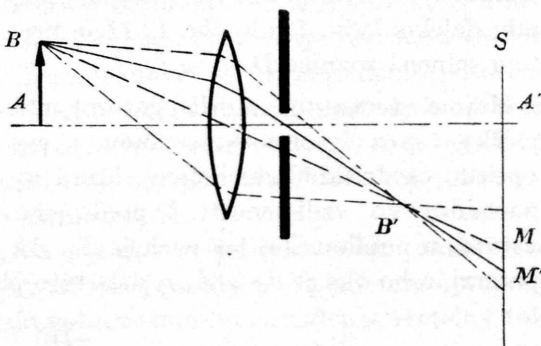
Podľa týchto výsledkov, pokiaľ je $d < d_0$, je aj $E < E_0$. Najväčší účinný priemer výstupnej pupily ďalekohľadu určuje však očná zornička, čo značí, že pri pozeraní ďalekohľadom na javisko divadla, krajinu alebo aj na Mesiac sa nám pozorovaný objekt nikdy nejaví jasnejším ako pri pozeraní prostým okom.

Ináč je to pri pozorovaní hviezd, lebo tieto sa na sieťnicu oka premietajú ako body, ich svetlo zasahuje vždy len jedno nervové ukončenie, čapík alebo tyčinku. Príslušné nervové podráždenie je preto tým väčšie, čím viac svetla vstupuje do oka, t. j. tým väčšie, čím väčší je priemer objektívu, pričom je neúčelné, aby bol väčší ako jeho hodnota vyplývajúca zo vzťahu $D : d_0 = = f_1 : f_2$, kde d_0 je priemer zorničky oka.

Optické zobrazovacie zariadenia zobrazujú dokonale v rovine na optickú os kolmej aj v ideálnom prípade len body, ktoré sú v podobnej rovine. Iné body sa zobrazujú ako väčšie alebo menšie rozptylové krúžky, ako je to znázornené na obr. 12.12. Ak chceme, aby aj pri väčšej vzdialenosti bodu P od bodu A , na ktorý je napríklad objektív fotografického aparátu zaostrený, priemer rozptylového krúžku bodu P bol dosť malý, musíme zmenšiť priemer vstupnej pupily objektívu. Uskutočňuje sa



Obr. 12.12.



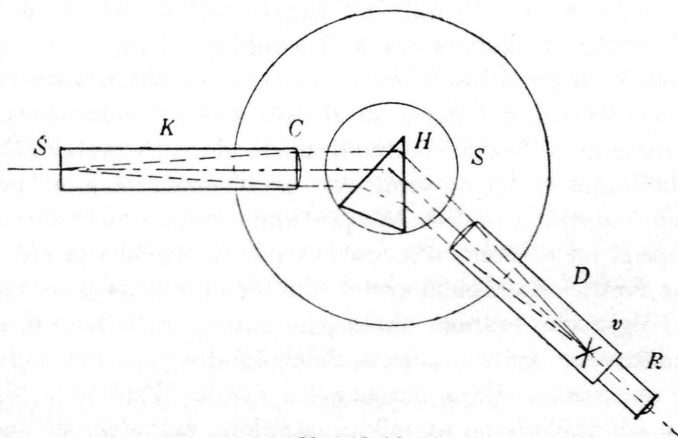
Obr. 12.13.

to zmenšením priemeru jej príslušnej a pre ten účel vhodne zostrojenej mechanickej clonky. Tým sa ovšem zmenší aj svetelnosť obrazu a zväčší expozičná doba. Obraz má potom — ako sa hovorí — väčšiu hĺbku.

Kvalita obrazu je ale závislá nie len od priemeru, ale aj od polohy clonky.

Aby sme sa o tom presvedčili, majme na mysli zobrazenie na optickú os kolmej a dosť dlhej úsečky AB pomocou spojnej šošovky (obr. 12.13). Ak obrazom bodu A je bod A' , cez ktorý prechádza — na optickú os kolmo — rovina S , v dôsledku astigmatizmu najkvalitnejší obraz bodu B sa vytvára v mieste B' pred rovinou S . Kým za spojkou nie je clonka, bod B sa v rovine S zobrazuje ako rozptylový krúžok so stredom v bode M , kde končí svetelný lúč vychádzajúci z bodu B a idúci stredom šošovky. Keď však za šošovkou, je clonka, stredom bod B zobrazujúceho rozptylového krúžku sa stane bod M' , v ktorom končí svetelný lúč idúci cez stred clonky. Pretože bod M' je ďalej od optickej osi ako bod M , nastáva tým poduškové skreslenie tvaru obrazu. Ak je clonka pred šošovkou, dochádza podobným spôsobom k sudovému skresleniu. Clonka objektívu má byť preto na vhodnom mieste medzi jeho šošovkami.

12.4. Spektrometre a spektrografy. Na štúdium a rozklad zloženého svetla na jeho monochromatické — tzv. spektrálne — zložky sa používajú prístroje, ktoré sa podľa svojej konštrukcie nazývajú: spektroskop, spektrometer alebo spektrograf. Rozklad svetla nastáva v nich lomom v optickom hranole alebo ohybom v optickej mriežke (pozri čl. 13.4). Podrobnejšie opíšeme len spektrometer hranolový (obr. 12.14). Jeho hlavné časti sú:



Obr. 12.14.

1. Kolimátor K , kovová trubica, ktorá je na jednom konci vystrojená jemnou zvislou štrbinou $\check{S}$ a na druhom konci achromatickou spojnou šošovkou C . Dĺžka trubice kolimátora je volená tak, aby štrbina bola v ohniskovej rovine šošovky. Štrbina sa osvetľuje skúmaným zdrojom svetla. Pretože