

ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЗА НАБЛЮДЕНИЕ

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЕКВАТОРИАЛНА УСТАНОВКА

Вече видяхме, че ако небето се експонира 1 min или повече с фиксиран фотоапарат, ще се получат не точки, а следи, чиято дължина зависи от продължителността на експозицията.

Земята е едно въртящо се около себе си небесно тяло, в резултат на което всеки фотоапарат, поставен на повърхността ѝ и отворен на експозиция В, регистрира видимото движение на небето.

За да се уловят голямо количество звезди или слаби обекти (звездни полета, мъглявини и т.н.) върху една светлочувствителна повърхност, трябва да са изпълнени две съществени условия:

1. Да се удължи достатъчно експозицията, така че светлината да се акумулира, за да формира изображение, което може да се прояви с помощта на енергичен проявител.

2. Фотоапаратът и телескопът да се монтират заедно с помощта на устройство, въртящо се около ос, паралелна на направлението на небесните полюси, чието движение компенсира точно въртенето на Земята по време на цялата експозиция. Това устройство се нарича екваториална установка.

Ако сме на полюсите, оста на екваториалната установка ще е вертикална. Ако сме на екватора - хоризонтална.

Всъщност, оста заема наклон, отговарящ на географската ширина на мястото, където се използва.

Например, в София, оста на екваториалната установка трябва да е наклонена на $42^{\circ}41'$ спрямо хоризонтала.

Малка фотографска екваториална установка, направена от шперплат 10 mm, която почива върху земята на три регулируеми по височина винта.

А - полярна ос (края на дръжката на метла, наклонена на 45°)

В - лост за часово задвижване, който затяга полярната ос

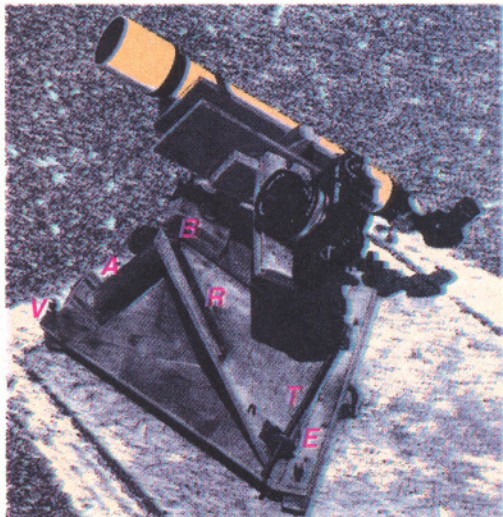
Р - двигател на финото движение

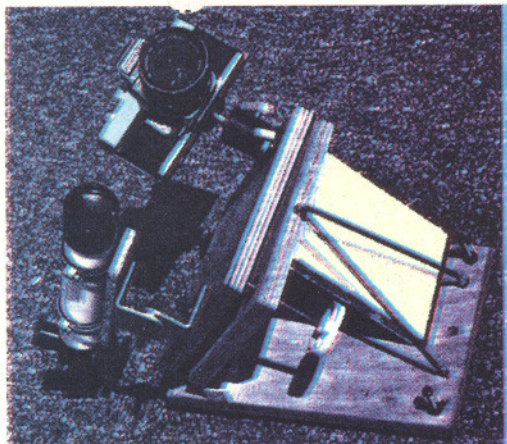
Т - лост 6x100

Е - гайка за задвижване на лоста (около 1.5 оборота/min)

В - винт за регулиране, позволяващ на екваториалната установка да се постави хоризонтално в направление изток-запад и да се доведе полярната ос до географската ширина на мястото.

Носачът на фотоапарата позволява ориентирването му в посока, различна от тази на далекогледа-гид.





Фотоапарат и търсач, поставени върху сгъваема екваториална установка. Екваториалното движение се извършва с въртене на винта.

ОПРОСТЕНА И ПЕРФЕКТНА ЕКВАТОРИАЛНА УСТАНОВКА. Екваториална установка е задължителна при астрономическата фотография, изискваща дълги експозиции. Тя може да бъде много проста или повече или по-малко прецизна, според типа обект, който искате да фотографирате и фокусното разстояние на използвания инструмент. Но една малка портативна екваториална установка, предназначена да носи един или два фотоапарата с фокус 50-150 mm няма същата концепция, както установка, предназначена да води телескоп с диаметър 300 mm и 2 m фокус. Но принципът е един и същ - ос, въртяща се паралелно на направление на небесните полюси. Съществуват много типове екваториални установки. Тяхното ориентиране, стабилността и регулярността на въртелимото им движение са съществени условия за доброто им функциониране.

Оста може да бъде задвижвана ръчно по време на експозицията или с електрически мотор, снабден със зъбчат редуктор. За препоръчване е да използвате синхронен мотор (с постоянна скорост). Освен това, трябва да имате и още едно устройство, позволяващо да се коригира скоростта, ако тя е малко по-бавна или бърза. Без съмнение, монтирането на генератор на променлива честота е най-доброто разрешение, но едновременно и най-обременителното, особено за малък инструмент. Съществуват и малки мотори, захранващи се с батерии, снабдени с електронно устройство за регулиране на скоростта с потенциометър. Някои мотори от магнитофон, въртящи се с 1200 оборота/min могат да свършат работа. Не забравяйте, че оста на екваториалната установка прави един оборот за 23 h 56 min (1436 min), което отговаря на денонощното въртене на Земята. Синхронните мотори на 220 V от типа AMY 8 могат да се използват веднага, тъй като са снабдени с редуктор за 1 оборот/min.

Ето няколко модела екваториални установки, които можете да конструирате с малко усилия, използвайки шперплат и метални парчета.

МАЛКА ЕКВАТОРИАЛНА УСТАНОВКА - СГЪВАЕМА. Този пример е интересен поради малките си габаритни размери и способността си да се поставя бързо на място, визирайки Полярната звезда.

Страни:

Равнини (2) и (4): 20x20

см

Равнина (1): 20x30 см

Равнина (3): 20x(x), като x е функция на наблюдателното място

Парче (12): дървена подложка за компенсиране дебелината на (3) с летва 2x2 см и 20 см дължина.

Подпиращ винт (8), дъска (9), гайки (10) от месинг.

Пантите (5, 6 и 7) са от типа „панти за пиано“. За една дъска 20x20 см, отворът за виждане с цел поставяне на точното място, ще има диаметър 1 см.

Носачът (3) е поставен заедно с равнината (2) в работно положение с два държача, проникващи в две дупки, пробити в равнината (2).

Полярният визьор (11) трябва да е перфектно паралелен на пантите, свързващи парчетата 2 и 4.

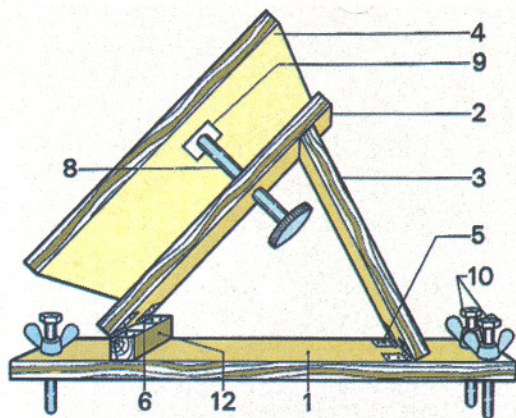
В случай на съществена промяна на географската ширина:

- **към север:** заместете носача (3) с по-дълъг и компенсирате неравновесието с голям ластик, общ за (1) и (2)

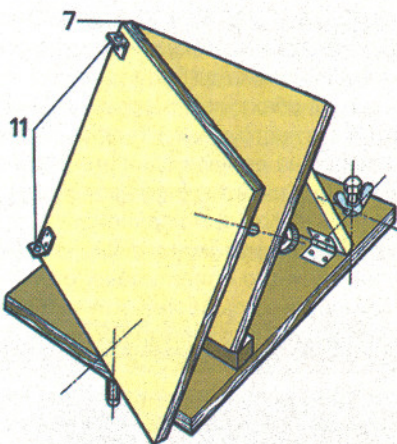
- **към юг:** заместете носача (3) с по-малък

Стабилността на фотоапарата нараства с товара, който носи. Когато тежестта е много малка за препоръчване е да се натовари хоризонталната равнина (1) с тежести от чугун или олово.

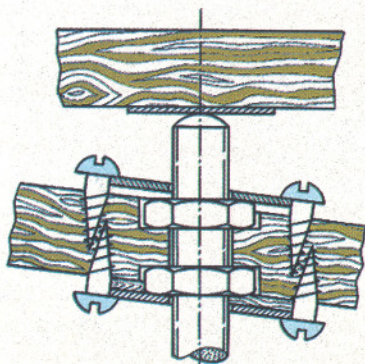
Заоблеността на винта (8) трябва да е точно центрирана, за да се избегнат нерегулярности в задвижването.



Малка съгъваема екваториална установка.



От дясната страна, полярния визьор.



Конструктивни детайли на подпиращия винт.

Проблемите с неясни формули и тревогите ви относно точната ориентация на вашата екваториална установка са безполезни. Просто погледнете към Полярната звезда или използвайте метода на Бигурдан, с който насочването на вашия инструмент ще стане за една вечер.

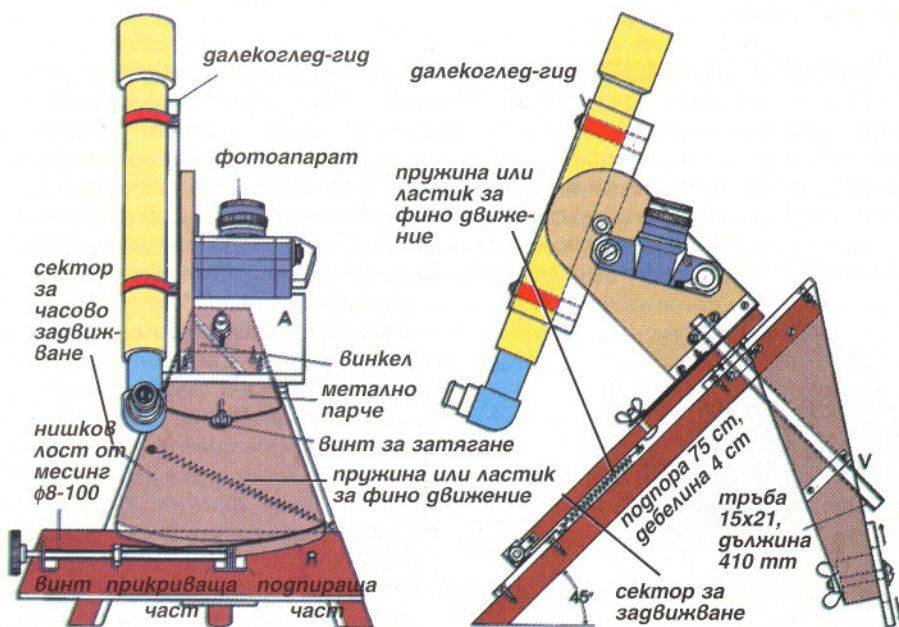
ОС НА ЕКВАТОРИАЛНАТА УСТАНОВКА С ПОЛЯРЕН ВИЗЬОР. Потърсете 41 cm тръба за централно отопление с диаметър 15x21 mm, за да направите лесно часовата ос и визьора на вашата фотографска екваториална установка (V).

Полярната звезда, намираща се сега на 51' от Северния небесен полюс, описва един кръг от 1°42' за 24h, т.е. кръг с диаметър 12 mm, гледан през 410 mm тръба. Насочете тръбата по оста на екваториална установка с визьор, като поставите на външната му част кръг с диаметър 12 mm, разделен на 24 равни части. С помощта на компас очертайте върху бял лист първо един кръг с диаметър 150 mm, след което втори с 60 mm (или поне, 2 много близки кръга) и разделете последния на 24 равни части, според схемата. Фотографирайте рисунката, като я намалите 10 пъти. Използвайте много контрастен филм като Recordak или Corex.

Описание на система с часово задвижване.

Металното парче има дебелина 2 mm и е фиксирано от 4 винта под парчето A, като A е носача на фотоапарата, а R - метална лийсна.

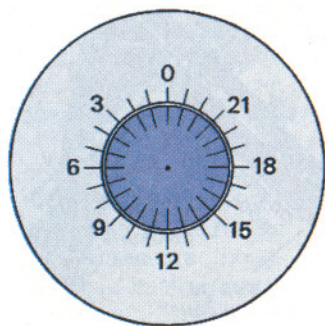
Апаратът, гледан от страни.



Уверете се, че по-малкият кръг е с диаметър 12 mm. От получения негатив откопирайте контактно един позитив върху същия тип филм. Рисунката трябва да се появи върху много чист и прозрачен фон (при нужда, осветете фона на филма, потапяйки го за момент в отслабваща баня).

Отрежете внимателно филма точно по кръга с диаметър 15 mm. Направете два малки цилиндъра от пластичен картон или метал с дължина 1 cm и външен диаметър 15 mm, вкарайте и залепете първият цилиндър на 1 cm във вътрешността на тръбата, поставете кръглия филм, а след това и втория цилиндър, който ще се появи на повърхността на тръбата.

Направете нещо като предпазител от пластмаса или метал с 15 mm диаметър, центрирайте го грижливо и пробийте една дупка с диаметър 3-4 mm в оста на предпазителя. Така получената дупчица ще се вижда отчасти от другия край на тръбата. Часовата ос с полярния визьор е готова.



Кръг, разделен на 24 часа за насочване към Полярната звезда.

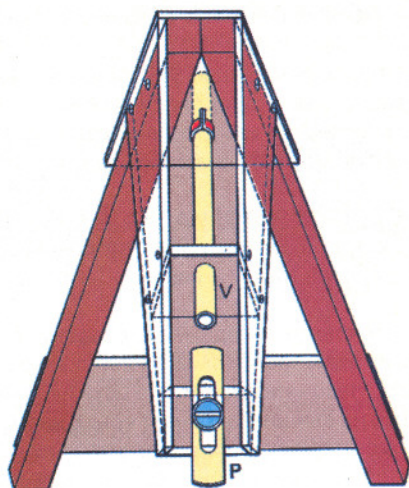


Фото екваториална установка с полярен визьор.

Конструкция на носача.

V - полярен визьор

P - елемент за регулиране по височина

МОМЕНТАЛНО ОРИЕНТИРАНЕ НА ЕКВАТОРИАЛНАТА УСТАНОВКА. С падането на нощта, щом Полярната звезда стане видима с просто око, ориентирайте полярната ос на екваториалната установка по направление към звездата. При нужда, извадете моментално дупчицата, за да улесните тази първа операция. Ако прозрачността на филма е достатъчна, Полярната звезда трябва достатъчно добре да се различава във визьора. Поставете отново дупчицата на място, а след това проверете в Астрономическия календар кога е моментът на пасажа на Полярната звезда през меридиана. Ако на дадената дата Полярната минава през меридиана в 15 h, а вие сте излезли да наблюдавате в 21UT, трябва да преместите много слабо екваториалната установка и с винта за регулировка на географската ширина да доведете звездата до мястото, в което тя ще съвпадне с десния край на кръга (на „9h“ по циферблата на часовника). Всъщност, от 15h до 21h са изтекли 6h, като 6 деления са 1h, тръгвайки отгоре наляво, когато се гледа полюса. Бър-



По настоящем, линията Полюс-Полярна звезда е насочена към α Дракон.

пасажа на Полярната звезда през меридиана, вие пак можете да определите кръга за визиране на оста и да получите доста приближена ориентация на вашата екваториална установка. Репродуцирайте рисунката на съвездията върху квадрата от бял картон. Малкият кръг, който описва движението на Полярната звезда, е идентичен с преместването на небесния полюс.

Открийте на небето Голямата мечка, Касиопея и Полярната звезда. Ориентирайте картоната, като го съвпаднете възможно най-добре с този район на небето. С помощта на слабо осветяване определете върху картоната направлението на Полярната звезда спрямо полюса, като циферблата на часовник.

Пример: Ако линията, свързваща Полюса и Полярната звезда се намира на 8h, Полярната трябва леко да се доведе до 8h във визьора на оста, за да се получи достатъчно добра ориентация на екваториалната установка.

МЕТОД НА БИГУРДАН. Нека допуснем, че екваториалният инструмент вече е инсталиран върху стабилна подпора - стълб, плоча и т.н.

Поставете върху екваториалната монтировка астрономически далекоглед, снабден с достатъчно силен мрежест окуляр с фокус 6-10 mm. В първо приближение, оста на екваториалната установка вече е ориентирана по направление на Полярната ос.

*** ПЪРВО РЕГУЛИРАНЕ на екваториалната установка в равнината на меридиана.** Насочете далекогледа към достатъчно ярка звезда

зото насочване на екваториалната установка, визиранки Полярната звезда може лесно да стане и през нощта, но в този случай трябва слабо да се освети външната част на визьора, за да се определи малкият кръг с деленията. Използвайте джобно фенерче с намалена светлина.

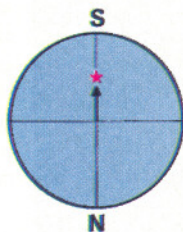
Този процес на бързо насочване се реализира с достатъчно приближение, когато се правят експозиции от 5 до 10 min, с фокуси от 50 до 150 mm.

За по-дългите фокуси може да се наложи по-точно насочване, с метода на Бигурдан.

НАСОЧВАНЕ НА ЕКВАТОРИАЛНАТА УСТАНОВКА ЧРЕЗ НАРЕЖДАНЕ НА ЕДНА ЛИНИЯ НА ПОЛЮС-ПОЛЯРНА. Ако не знаете часа на

близо до меридиана и до небесния екватор (Алтаир, Дзета Орион...). Доведете звездата точно върху кръста на мрежата и проследете движението ѝ за няколко минути. Ако оста не е в равнината на меридиана, звездата ще напусне кръста, като ще се отклони *нагоре* или *надолу*.

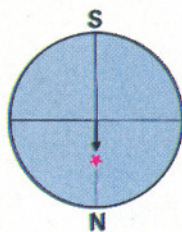
Регулиране на екваториална установка, чрез визиране на звезда (обърнато изображение и окуляр с кръст).



Регулиране в равнината на меридиана, чрез звезда на меридиана, близо до екватора.

Звездата се отклонява нагоре: преместете външната част на часовата ос на запад.

Звездата се отклонява надолу: преместете външната част на часовата ос на изток.



В първия случай, много леко преместете екваториалната установка, така че външната част на оста да се отклони от изток на запад.

Във втория случай е обратното.

*** ВТОРО РЕГУЛИРАНЕ. Наклоняване на оста в съответствие с географската ширина на мястото.** Насочете към звезда на 6h от пасажа ѝ през меридиана и на половината път между изтока и Полярната звезда (напримар: Капела). Следете я - ако тя се отклонява *нагоре* (към запад), оста трябва леко да се повдигне. А ако се отклонява *надолу* (към изток) - да се наведе. Операцията е улеснена от един или три цилиндрични винта. Понякога е необходимо отново да се върнете към първата операция, след това към втората, преди да достигнете до едно много прецизно регулиране, необходимо особено, ако става въпрос за инструмент с фокус над 1 m.

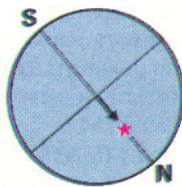
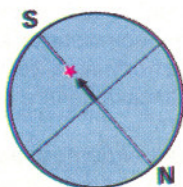
Ако искате да ориентирате екваториалната установка на който и да е тип телескоп и независимо от положението на окуляра върху тубуса, трябва най-напред да определите при наблюдение в окуляра посоката *север*, за да не се допускат грешки по отношение на преместването на звездата.

Посоченият метод се отнася за телескопично (обърнато) изображение, каквото се наблюдава в астрономически дальноглед и телескоп.

Регулиране по географска дължина, като се визираща звезда на 6h от меридиана (например Капела).

Звездата се отклонява нагоре: повдигнете външната част на часовата ос.

Звездата се отклонява надолу: наведете външната част на часовата ос.



За получаването на снимки с помощта на къси фокусни разстояния, от порядъка на 50 mm или по-малки, може да свърши работа дори и най-простият дальноглед, както и дългофокусен обектив, трансформиран в астрономически дальноглед, или търсач от телескоп.

Проблемът е, че не е много лесно да си направите сами дальноглед-гид с кръст. Тъй като тук не е най-важно оптичното качество, за обектив може да използвате обикновена леща с диаметър 30-40 mm или повече и фокус 200-500 mm. За да си направите окуляр, вземете леща с фокус 20-30 mm (изпъкналата ѝ страна да е към окото) или две лещи с фокус 10-25 mm, които трябва да монтирате в тубус, като ги разделите с цилиндър, чиято дължина трябва да е по-малка с около 2 mm от фокуса на лещите.

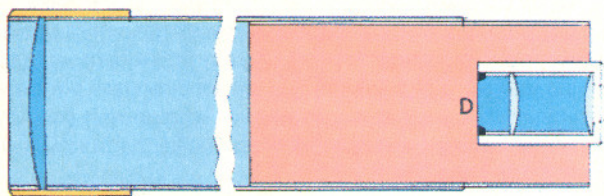


Схема на търсач с диаметър 40 mm и фокус 235 mm. Окуляр от типа Рамсен има две лещи, които увеличават около 10 пъти.

Приплъзващите се тубуси са от бакелизирана хартия. D = диафрагма и местоположение на кръста.

Схемата показва как да се поставят лещите (обектив и окуляр) във вътрешността на два тубуса (от картон, пластмаса или метал), които да се приплъзват един в друг при фокусирането.

Дължината на дальногледа отговаря на фокуса на обектива плюс този на окуляра. Преди окуляра трябва да поставите кръста - там, където се формира най-чистото изображение, когато се гледа през лещите.

ПРЕЦИЗНО ГИДИРАНЕ С АСТРОНОМИЧЕСКИ ДАЛЕКОГЛЕД

Таблицата показва минималните фокуси за дальногледа-гид, необходим за телескоп с даден фокус, предназначен за фотографичане. Гидирането е сравнително лесно за реализиране при фокус по-голям от 1 m. Но когато се използват телескопи с фокусно разстояние 1-3 m и повече, прецизността на гидирането става особено важна.

Най-добре е да се снима, като се „следи“ една определена звезда, намираща се в непосредствена близост с фотографираното поле. Всъщност, повечето любители се задоволяват да поставят фотоапарата си върху окулярния носач на телескопа, т.е. в главния му фокус, за да фотографират слаби обекти, като мъглявини и галактики.

Обикновено, фотографите се срещат с две трудности:

1. Фокалното изображение се формира твърде близо до изхода на

тубуса на телескопа и не достига до равнина на филма, когато фотоапаратът е закрепен на мястото на окуляра.

Решение: Приближете малко вторичното към първичното огледало. Поставете един съвсем къс окулярен държател, което ще ви позволи да „доведе“ равнината на филма до фокалната равнина.

Използвайте леща на Барлоу, която отдалечава фокуса, но също така увеличава изображението, като намалява осветеността, което може да доведе до други затруднения.

2. Втората трудност е при гидирането. Фокусът на далекогледа-гид трябва да е поне равен или по-голям от фокуса на използвания за фотографиране телескоп.

Но най-големият проблем е закрепването на гида към телескопа. Под действие на голямото тегло на двата инструмента и от разликата в ориентацията им по време на експозицията, скобите могат леко да се разхлабят и да създадат почти незабележими на пръв поглед огъвания, които обаче ясно се появяват върху филма. Точността на гидирането, както и на часовото задвижване на екваториалната установка е само от няколко микрона, тъй като диаметърът на най-слабите регистрирани звезди върху снимката не надвишава (дори при най-добри условия) 0.1 микрона.

Системата за закрепване на далекогледа-гид върху тялото на телескопа трябва да бъде изучена отделно и грижливо - трябва да се направят няколко скоби, обхващащи изцяло двата инструмента.

Някои любители закрепват успоредно два телескопа - единият за гидиране, а другият за снимане. Този монтаж обикновено не задоволява, тъй като телескопът, предназначен за гидиране е здраво свързан с използвания за фотографиране телескоп.

Таблицата показва минималната дължина на фокуса (или полезността на далекогледа-гид), както и сумарното увеличение, като функция от използвания обектив (или огледало) за фотографиране на комети или продължителни звездни експозиции.

Основно правило - минималното сумарно увеличение на далекогледа-гид трябва да е равно на фокусното разстояние на фотокамерата.

Фокус на фотокамера (обектив или огледало)	Минимален фокус на далекогледа-гид	Минимално увеличение или приложима полезност на далекогледа-гид
5 до 10 cm	40 cm	10x
10 до 20 cm	60 cm	20x
20 до 50 cm	100 cm	50x
50 до 100 cm	150 cm	150x
100 до 200 cm	200 cm	200x

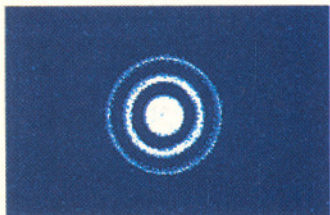
Без да навлизаме в подробности ще отбележим, че светлината проявява както вълнови, така и корпускуларни свойства. Тя е електромагнитна вълна, която се премества под формата на трептения (изключително малки синусоидални вълни), наброяващи около 2000 за минута.

Физическата природа на светлината не е съвсем добре изучена, но се смята, че светлинната енергия е съставена от фотони („пилотиран“ от вълната). И именно фотоните („частиците“ светлинна енергия) въздействат върху светлочувствителната повърхност.

Теоретично, обективът (събирателна леща или вдлъбнато огледало) би трябвало да възстанови изображението на един точков източник, намиращ се на безкрайност (например, звезда) в точката на фокуса без забележими размери.

В действителност, явлението протича по-различно. Във всеки момент, светлинната енергия, излъчена от източника в един предишен момент, се отправя към нас, „разположена“ върху сфера, наречена повърхнината на вълната. Разстоянието до звездата е толкова голямо, че малката сферична топка, която пресича обектива, може да се счита за равнина.

Но върху вдлъбнатата или изпъкнала повърхност на обектива, някои точки от повърхнината на вълната са в закъснение по отношение на други, така че лъчите не се пресичат напълно в точката на фокуса, а формират малко светлинно петно, наречено петно на дифракцията.



Вид на звезда, наблюдавана през оптичен инструмент.

Всъщност, това изключително малко петно (няколко микрона) щеше да е по-широко, ако едновременно не протичаше и явлението интерференция, което „разрушава“ вълните с противоположни фази.

И така, интерференцията става заедно с дифракцията, около централната точка (изображение-точка), образувайки многобройни концентрични пръстени, които са все по-слабо осветени навън, разделени от тъмни пръстени със същата ширина.

На фигурата е представен видът на наблюдаваната с оптичен инструмент звезда, в резултат на тези две различни явления. Петното на дифракцията, формирано от светлината на звездата, в действителност е един „фалшив звезден диск“, тъй като е резултат от фокализирането на светлината (на звездата), получена от цялата повърхност на обектива или огледалото. За телескоп с диаметър 200 mm и относителен отвор $f/D=6$, петното на дифракцията има диаметър само 4 микрона!

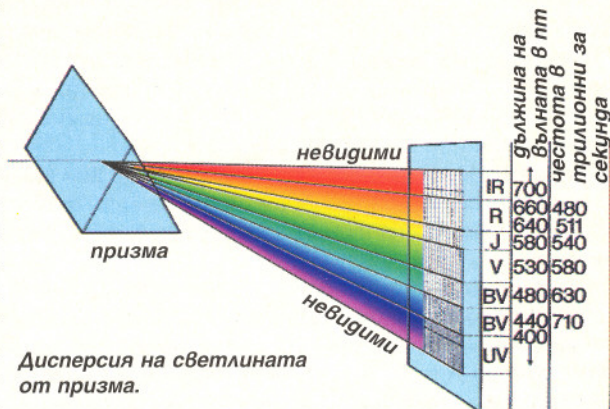
$$\rho_0 = 1.22 \times 0.56 \times 6 = 4.1 \text{ микрона.}$$

И тъй като 0.56 е средната дължина на вълната на видимата светлина, формулата добива вида:

$$\rho_{\text{о линейно}} = 1.22 \lambda f/D.$$

ДИАМЕТЪР НА ПЕТНОТО НА ДИФРАКЦИЯ, КАТО ФУНКЦИЯ ОТ ОТНОСИТЕЛНИЯ ОТВОР

Таблицата показва, че диаметърът на дифракционното петно варира с фокуса и с отношението f/D . Всеки оптик трябва да се стреми да създаде обективи (или да направи огледала), така че всички лъчи, които преминават през тях да се пресичат в един малък кръг с размер по-малък или равен на дадените стойности, изразени в микрометри!... А това е доста сложна задача, почти на границата на човешките възможности. Наистина, трудностите, които е трябвало да се преодолеят в модерните обективи, за да се подтиснат „причинителите за влошаването на изображението“, са огромни.



Светлината се разпространява с голяма скорост във вакуум, около 300 000 km/s (близо 200 000 km/s в стъклото). Това разпространение става под формата на периодични вълнови движения. Броят на вълните за секунда е около 540 трилиона за жълтото. Това се нарича честота. Всъщност, един бял светлинен лъч е съставен от голям брой вълни с различни дължини. Но премествайки се всички заедно с една и съща скорост, виолетовите вълни (интегрирани в бялата светлина) са по-къси от червените - т.е. имат по-висока честота. Като цяло, дължината на вълната е много малка, близка до 0.6 микрометра за жълтото - почти 2000 вълни за 1 mm!

Цветовите, които виждаме през деня, са само визуални впечатления, зависещи единствено от дължините на вълните, които възбуждат нашето око. Бялата светлина съдържа всички дължини на вълната, формиращи всички цветове, които ние познаваме.

Можем да направим един елементарен опит с различните дължини на вълната, т.е. с цветовете, съставляващи бялата светлина. Със свойството си да диспергира, т.е. да разделя елементите, които съставят светлината, една призма ще отклони преимуществено всяка дължина на вълната според това, колко по-висока е честотата ѝ. В резултат се получава светлинна ивица, формираща „ветрило“ от червеното до виолетовото. Това е т.нар. спектрална ивица.

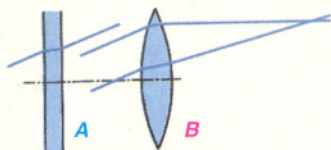
Диаметър на дифракционното петно като функция на относителния отвор.

относителен отвор

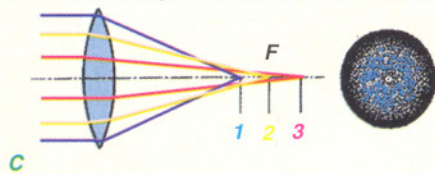
3	4	5	6	7	8	9	10	20	40	60	100
φ на дифракционното петно (в микрометри)											
2	2.7	3.4	4.1	4.8	5.4	6	6.8	13.6	27.2	41	69

АБЕРАЦИИТЕ. Светлинните лъчи, преминаващи през двойно-изпъкнала леща, се *пресичат* и срещат в една точка, наречена *фокус*. Разстоянието, което разделя тази точка от центъра на лещата се нарича *фокусно разстояние*, **В**. Но всъщност, белият светлинен лъч, минаващ по този път, е подложен на различни явления, наречени *аберации*.

Един лъч бяла светлина е съставен от всички дължини на вълната, които участват в цветовете на дъгата и заедно съставят *спектъра*. Когато лъч бяла светлина пресича конвергентна леща (или призма), той е подложен на отклонения, в резултат на които се формира сноп от лъчи, чийто цвят (дължини на вълната) са различни. Това е *дисперсия* на бялата светлина, която води до формирането на *спектрална ивица*, от червеното до виолетовото. Ако разгледаме фокусното разстояние (**2**), формирано от жълтите лъчи, ще констатираме, че виолетовите лъчи (**1**) се отклоняват повече и така създават *по-късо* фокусно разстояние. Обратно, червените лъчи (**3**) имат *по-дълъг* фокус. Това явление се нарича *хроматична аберация*, **С**. В резултат, когато се разглежда или



Пречупване на светлинните лъчи при преминаването им през плоско-паралелно стъкло **A** и двойно-изпъкнала леща **B**.



Аберации. Централните светлинни лъчи се фокусират в **3**, а периферните - в **1**. Именно те превръщат изображението на звездата в светлинно петно.

фотографира, формираното от виолетовите лъчи изображение е по-малко, отколкото изображението, създадено от червените лъчи. Това е т.нар. *аберация по големина*, която е свързана с хроматичната аберация. В известна степен хроматичната аберация може да бъде подтисната, като се добавят 2 лещи с различни кривини - тази комбинация се нарича *обектив*, **Е**. Така, двойно-изпъкнала леща заедно с плоско-изпъкнала леща се превръщат в *ахроматичен обектив*, който е почти задоволителен за наблюдение, но недостатъчен за астрономическа фотография. Когато искате да получите снимка през обектива на астрономически далекосглед е необходимо да коригирате хроматичната аберация (наречена вторичен спектър), като използвате жълт филтър. Достатъчната хроматична корекция изисква комбинация от 3, дори 4 лещи. Всички събирателни лещи или система от лещи (обектив) формират *обърнато* изображение на обекта. Големината на фотографираното изображение е пропорционална на фокусното разстояние.

Не всички лъчи, идващи от много отдалечен светлинен източник, които пресичат една проста леща, се пресичат върху фокалната равнина. Върху рисунка **D**, която е много преувеличена, лъчите **A** се пресичат в **a**, централните лъчи **C** се пресичат в **c**, докато средните лъчи **B** се пресичат в **b**, обрарав-

зувайки т.нар. средна фокална равнина. В резултат, звезда, фотографирана с проста леща се превръща в малко централно петно, заобиколено от халотова е сферичната аберация.

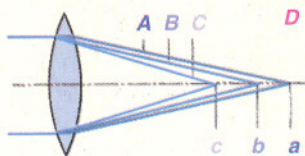
ДИСТОРСИ-

ЯТА. Фактът, че периферните лъчи формират изображение на сравнително по-малко разстояние спрямо централните лъчи, определя различно увеличение върху снимката - в краищата и в центъра ѝ. Това явление, наречено дисторсия, частично се коригира от прибавянето на две системи от лещи. Всъщност, за ежедневната фотография слабата дисторсия няма голямо значение. Но за астрономическата фотография тя е съществен проблем. Например, съвпадението става невъзможно при плътното прилепване на няколко негатива на един и същи район на небето - съзвездие, Млечен път и т.н. Дисторсията се появява главно в краищата на снимките, получени с обективи с големи зрителни полета, особено ако са с много големи относителни отвори. Дисторсията бива наричана „възглавничка“ или „буренце“, според положението на диафрагмата в системата от лещи, съставляващи обектива.

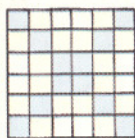
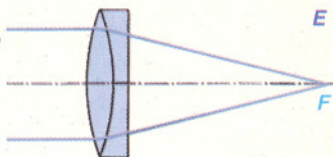
Лъчите, които пресичат една проста леща, формират фокус, наречен „радиален“, тъй като произхождат от сагиталната равнина и фокус, наречен „тангенциален“, тъй като произхождат от равнината на меридиана. Тези лъчи се проектират върху изкривена повърхност, а не върху равнината на централните лъчи (оптичната ос). Тази повърхност, чиято кривина е ориентирана към лещата, се нарича *кривина на полето*.

АСТИГМАТИЗМЪТ. Когато светлинният сноп пресича полегато обектива в хоризонталната равнина (наречена сагитална), той се фокусира по-близо до лещата, отколкото лъчите, идващи от равнината на меридиана. Но сноп, който се пресича преди или след фокалната равнина, се превръща в светлинна следа вместо в точково изображение. Тъй както двете фокални равнини (хоризонтална-

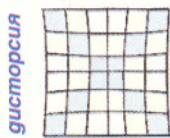
Хроматична аберация и аберация по големина. Лъчите *A, B и C* се пресичат в *a, b и c*. В резултат, изображението *a* е по-голямо от *c* (*b* е изображението от средния фокус).



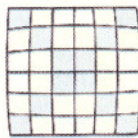
Две лещи образуват обектив, който отчасти коригира хроматичната аберация и аберацията по големина (F: фокално изображение).



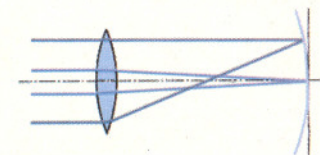
прицел



„възглавничка“



„буренце“



Кривина на полето. Периферните и централните лъчи не се пресичат в една равнина. Снимка с тази леща има чисто изображение само в центъра.



Центърът на снимката се намира в **С**.
Надясно от **С** изображенията на звездите
са все по-деформирани от астигматизма.

вателите от оптичната ос. Освен това, най-отдалечените от оптичната ос краища на кръста се издължават като опашка на комета и изображението напомня на копие - това е ефекта *кома*, свързан със сферичната аберация.

Ясно е, че обективът трябва да създава колкото е възможно по-чисто изображение. В същото време, при голям относителен отвор, трябва да са елиминирани различните аберации - чрез добър избор на типовете стъкла, точността на кривините и интервалите, степента на полиране, центрирането и прецизността на монтировките.

РАЗСЕЙВАНЕТО. Става въпрос за явление, дължащо се на дефекти при полирането на оптичната повърхност (черти), на прах и всички мръсотии и петна, които могат да се получат върху повърхността на лещите. Когато разсейването стане твърде голямо, резултатът е намаляване на контраста и „набъбване“ на изображенията.

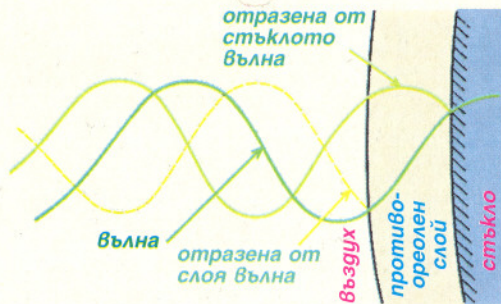
ОТРАЖЕНИЯТА. Когато светлинен лъч срещне полирана повърхност като стъкло, по-голямата част от светлината я пресича, но 4-5% от нея се *отразява*. В един фотографски обектив, съставен от много лещи, се създават многобройни отражения върху всяка от повърхностите на стъклото, което поражда паразитни *светлини*. Те предизвикват неправилно осветяване на тъмните зони, намиращи се в съседство с ярко осветените области. Този ефект частично се премахва с т.нар. противоореолна обработка на повърхността на лещите. При огледало на телескоп, чиято стъклена повърхност е покрита с алуминиев слой, светлината се отразява почти напълно.

ПРЕЧУПВАНЕТО. Когато светлинен лъч попадне *полегато* към повърхността, разделяща две среди (въздух-стъкло), траекторията му се разделя - той се *пречупва*. Именно това свойство, дължащо се на прозрачността на стъклото, позволява да се получи *пресичане* на лъчите, преминаващи през една изпъкнала леща или система от лещи, за да достигнат до *фокалната точка*. Без това свойство на стъклото не би била възможна фотографията.

ВИНЕТИРАНЕТО. То е свързано с оптичния монтаж на телескопите и главно с диаметъра на вторичното огледало и дистанцията му до фокалната

та и вертикалната) не съвпадат, резултатът е, че при изменение на фокусирането, върху матовото стъкло се получава издължаване на хоризонталните следи, когато вертикалният сноп изглежда точков или издължаване на вертикалните следи, когато хоризонталният сноп е точков. Невъзможно е да се получи никакво друго фокусиране на изображението, освен с формата на кръст. Явлението е толкова по-явно, колкото повече се отдалеча-

нина, но зависи също от това, дали се използват допълнителни аксесоари, като леща на Барлоу и др. Може да се направят изчисления за определянето на винетирането във всеки отделен случай. Но е възможно и директно да бъде измерено полето на пълното осветяване, като се монтира фотоапарат във фокуса на инструмента.

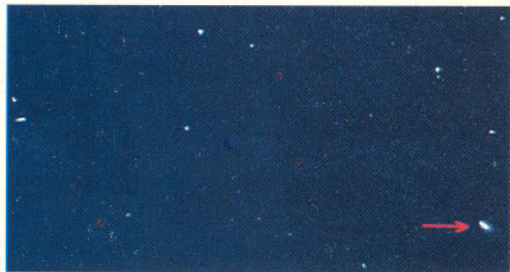


Ефект от противоореолен слой върху леща.

Отворете капака на фотоапарата, а скоростта нагласете на В. Застанете зад него, по продължение на оптичната ос. Дори с обикновена линейка, разположена на мястото на филма, можете да измерите диаметъра на полето на пълната осветеност, което се проектира в центъра на прозорчето 24x36. Всъщност, полето на пълната осветеност е изображението на първичното огледало, напълно отразено от вторичното. Винетиране има, когато първичното е малко закрито от краищата на вторичното.

ПРОТИВООРЕОЛНА ОБРАБОТКА НА ФОТОГРАФСКИТЕ И АСТРОНОМИЧЕСКИТЕ ОБЕКТИВИ. Операцията се състои в поставянето на вещество (флорур от литий, калций или магнезий) върху лещите на обектива. Дебелината на този слой (от порядъка на 1/10 от микрона) трябва да е равна на 1/4 от дължината на вълната на светлината. Когато това условие е спазено, вълните се отразяват от противоореолния слой и интерферират върху стъклото с еднаква амплитуда, след което се разрушават.

ПРЕДИМСТВА НА ОБРАБОТЕНИТЕ ОБЕКТИВИ. Противоореолната обработка на лещите на обектива намалява ефектите от паразитната светлина и увеличава светимостта му, особено когато е съставен от много лещи. Така, качеството на изображението подобрява чистотата си, чрез подтискане на паразитните светлини. Например, при фотографиране на Луната в непосредствена близост с Плеядите с необработен обектив, паразитните светлини ще предизвикат осветяване на тъмните части на снимката и ще попречат да се различат звездите. Но с обработен обектив, тъмната част ще получи твърде малко отразена светлина и така ще се появят слабите звезди в съседство с Луната. За астрономически обектив с 2 лещи отраженията са твърде несъществени. Те се намират винаги на нивото на границата въздух-стъкло. На практика, по-добре е да разполагате с добър необработен астрономически обектив, отколкото с лошо обработен.



В центъра на кадъра комата е пренебрежима.

С ИЗКУСТВЕНА ЗВЕЗДА. Контролът на оптичното качество на нов или взет на старо обектив може да стане по следния начин.

С помощта на игла рязко пробийте в обвивката на туба от паста за зъби малка, съвсем кръгла дупка с диаметър $1/4$ mm. След това обвийте с тази тънка метална пластинка една матова електрическа крушка. Така, интензивно осветената дупка ще изглежда като изкуствена звезда, която наблюдавана от достатъчно голямо разстояние ще създава изображение като от истинска звезда - бляскава точка заобиколена от два ярки, разделени от два тъмни пръстена със същата ширина. *Дифракционната картина* или т.нар. *фалшив диск*, трябва да изглежда колкото е възможно по-добре, когато се наблюдава през астрономически инструмент. Фотографски обектив снабден със силен окуляр (използван като далекоглед) трябва да покаже добро изображение на този фалшив диск (дифракционно петно) без оцветявания. За проба, поставете обектива на 4 m от осветената дупка за фокус от 50 mm, до 8 m за фокус от 100 mm.

Някои обективи с много големи относителни отвори - 2 или 1.2 - при най-отворено положение обикновено показват дифузно хало с повече или по-малко деформиране пръстени и силни оцветявания (които свидетелстват за ахроматичен дефект). Принципната трудност се състои в оценяването на степента на дефектите при различните отвори (варирайте с диафрагмата). Възможно е, един и същи обектив да дава много влошени изображения при максимален отвор, приемливи при 4.5 и добри при 6.3. Тези опити са лесно приложими за далекоглед или телескоп.

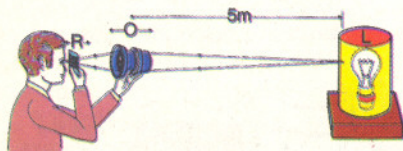
С РЕШЕТКА (тест на Ронки). Лесно можете да проверите оптичното качество на портретен или авиационен обектив, още при закупуването му.

Метод за контрол на обектив с помощта на решетка на Ронки.

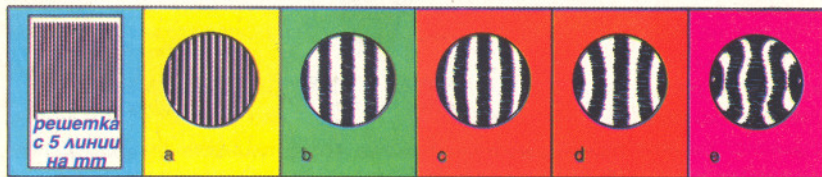
R - решетка с 5 линии на mm;

O - обектив за контрол;

L - лампа, заобиколена от цилиндър, в който на височината на нишката е пробита дупка с диаметър 2 mm.



- a* - твърде отдалечна решетка
- b* - добра дистанция, изключителен обектив
- c* - свръхкоригиран обектив
- d* - недокоригиран обектив
- e* - централна недокоригирана и странична свръхкоригирана зона



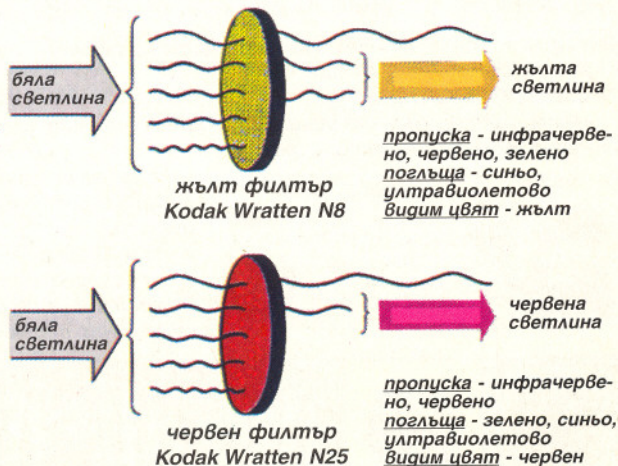
Този метод се състои в използването на решетка с много гъсти паралелни линии и почти точков светлинен източник.

ИЗРАБОТВАНЕ НА РЕШЕТКАТА. Върху голям черен картон залепете 15-20 бели ивици, отделени от интервали със същата ширина. Фотографирайте картоната от няколко метра разстояние, така че при намаляването да получите около 4-5 линии на милиметър. Използвайте филм с голям контраст - Сорех, Recordak. Поставете една крушка в метална цилиндрична кутия и пробийте в нея дупка с диаметър 2 mm на височината на нишката на лампата. Работете в тъмна стая, достатъчно голяма, за да можете да се отдалечите на 5-6 m (за обектив с 10 cm фокус). Дръжте с едната ръка обектива, за да проверите дали е на една линия с окото и добре осветената дупка. След това определете на какво разстояние трябва да го държите от адаптираното към максимално отворената диафрагма око, така че осветената дупка да се появи върху цялата повърхност на лещите. Вмъкнете края на филма, представляващ решетката, между обектива и окото, съвсем близо до окото. Тъмните вертикални ивици трябва да се виждат върху цялата осветена повърхност. Открийте на какво разстояние от обектива трябва да се държи решетката, за да се виждат 4-5 линии едновременно. Последователността от тъмни и светли линии или ивици показва присъствието или отсъствието на aberации в разглеждания обектив.

Рисунките представят различни aberации, повече или по-малко смущаващи, с изключение на фигура b, която показва изключително добър обектив. Тук ивиците са вертикални и лишени от оцветявания. В практиката се приема, че един обектив е със задоволително качество, когато средната кривина на ивиците не надвишава 1 до 2/10 междуивичното разстояние. Както светлите, така и тъмните ивици трябва да са без всякаво оцветяване - присъствието му е доказателство за недостатъчна хроматична корекция.

Фигура c показва свръхкоригиран, а фигура d - недокоригиран обектив. Фигура e е по-сложна - тя показва наличието на сферична aberация, която се проявява с централна недокоригирана и странична свръхкоригирана зона.

Тестът на Ронки позволява лесно и бързо да се провери обектива на далекоглед или огледалото на те-



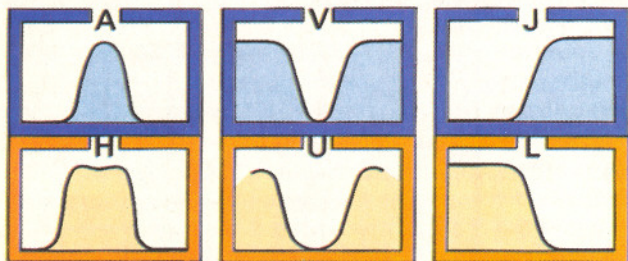
Поглъщане и пропускане на светлината от филтрите. (Документация на Kodak).

лескоп. Инструментът просто трябва да се насочи към много отдалечен светлинен източник (звезда или планета). Тестът може да се приложи и върху огледало, към което е монтирано и вторично огледало, леца на Барлоу или окуляр - това позволява да се открият и оценят дефектите на тези оптични елементи.

ФИЛТРИТЕ

СЪЩНОСТ И ИЗПОЛЗВАНЕ. Филтрите представляват стъклени пластини или леко обагрени желатинови листа. Филтрите Kodak-Wratten, например, са от желатин.

Както показва схемата, филтрите селективно поглъщат светлината на някои дължини на вълната, т.е. открояват или потискат някои цветове, като пропускат други. Възниква въпросът - червеният филтър, например, поглъща синьото и зеленото или просто пропуска червеното.



Характеристични криви на филтрите MTO Specivex.

Филтрите се означават по името на пропускания от тях цвят, който е и визуално видимият. Оцветените филтри поглъщат част от светлината, към която фотографският слой е чувствителен. Следователно, използването на филтър изисква увеличаване на времето за експозиция, пропорционално на *коефициента* на филтъра, така че крайната плътност на снимката да е подобна на тази, която би се получила без филтър. Но тя няма да е същата за всички цветове, тъй като филтърът ще „спре“ някои от тях.

Основната цел при използването на филтри в астрофотографията е да се елиминира „синьото“ на небето, когато се фотографират някои светила през деня (Слънцето, протуберансите, Луната, планетите, кометите или ярките звезди). Филтрите лесно изявяват някои интересни планетни детайли и елиминират светлината от нощния небесен фон, за да се повиши контраста на слабите емисионни мъглявини.

В някои случаи може да се наложи астрофотографът да насложи 2 филтъра за по-доброто разграничаване на спектралната ивица, която иска да фотографира - всеки от филтрите елиминира част от светлината, която може да попречи на преследваната цел.

ФИЛТРИ СЪС СПЕКТРАЛНА СЕЛЕКЦИЯ. На пазара се срещат три основни групи - Kodak с филтрите Wratten и MTO със Specivex и Schott.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА ФИЛТРИТЕ SPECIVEX MTO. Първата главна буква показва основната форма на кривата: филтър А има крива на селекция с

172 формата на буквата А, филтър V - с формата на V и т.н. Следващото число показва дължината на вълната, върху която е центриран филтърът. Последната малка буква дава дебелината на филтъра, според нарастването: $a=1.5\text{ mm}$, $a'=2\text{ mm}$, $b=3\text{ mm}$, $b'=3.5\text{ mm}$, $c=4.5\text{ mm}$, $c'=5\text{ mm}$... Например: H 2 200 b има крива с плато около 2 200 nm и дебелина 3 mm.

Филтрите, които представляват композиция от няколко тънки слоя, основно изменят първоначалните характеристики на отделните елементи. Те се отбелязват с буквата D. Например: Филтър DH 543c' изолира спектрална ивица, центрирана върху 543 nm. Той се състои от система тънки слоеве с обща дебелина 5 mm.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА ФИЛТРИТЕ WRATTEN.

Направени главно от желатин, чиито цени са много достъпни, тези филтри се номерират от 0 до 100. Ниските числа са центрирани в ултравиолета, а високите - върху инфрачервената светлина. Характеристичното число е последвано от три букви, от А до D, които показват стабилността на характеристиките на филтъра в стандартни условия (първата буква показва стабилността към естествената светлина - например, филтър AAA е с голяма стабилност).

ДЕТАЙЛНА ДОКУМЕНТАЦИЯ.

Kodak Wratten: „Фотографските филтри Kodak“ съдържат кривите и характеристики на всички филтри. *MTO Specivex:* три ивици (ултравиолет, видим, инфрачервен) определят характеристикните криви на всеки филтър.

НЕУТРАЛНИ ФИЛТРИ. Това са сиви или черни филтри, които пропускат всички части на спектъра, но в строго определена пропорция. Наричат се също *отслабвачи*.

Wratten Kodak: произвеждат се от желатин, стъкло или кварц. При използване във видимия диапазон, желатиновите филтри от серията Wratten 96, чиито цени са достъпни, дават добри резултати. Тяхната плътност варира от 0.1 до 4. Те могат да се комбинират по два, което позволява да се достигне до плътност 8 ($N 4 + N 4$).

ФИЛТРИ С НАРАСТВАЩА ПЛЪТНОСТ. Плътността на филтрите Wratten 96 нараства равномерно от 0.05 до 6.0. Те са с правоъгълна форма (желатинови - 100x15 mm, 150x20 mm, 200x30 mm) или кръгли (от желатин, поставени между две стъклени плаки, с диаметър 65, 75, 150, 254 mm и централна дупка, с диаметър съответно: 25, 6, 19 и 101 mm). Поръчват се от САЩ.

плътност	редукция на светлината диафрагмата	
0.1	1.25	1/3
0.2	1.5	2/3
0.3	2	1
0.4	2.5	1 1/3
0.5	3	1 2/3
0.6	4	2
0.7	5	2 1/3
0.8	6	2 2/3
0.9	8	3
1.0	10	3 1/3
2.0	100	6 2/3
3.0	1 000	10
4.0	10 000	13 1/3

Таблица за редукциите на диафрагмата и светлината от филтрите Wratten 96. Тези филтри са в следните формати: 50.8x50.8 mm, 76.2x76.2 mm, 101.6x101.6 mm.

За интерпретиране на кривите се отнесете към глави „Фотографският филм“ и „Теория и астрономическа фотография“.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПРОФЕСИОНАЛНИТЕ ФИЛМИ Kodak

Според спецификата на своята работа астрофотографите рекламират съвсем различни емулсии. Представяме ви системата за кодиране на професионалните филми, но техният внос не е голям и ако искате да ги ползвате, трябва да ги търсите от САЩ. Освен това, те непременно трябва да се консервират в хладилник.

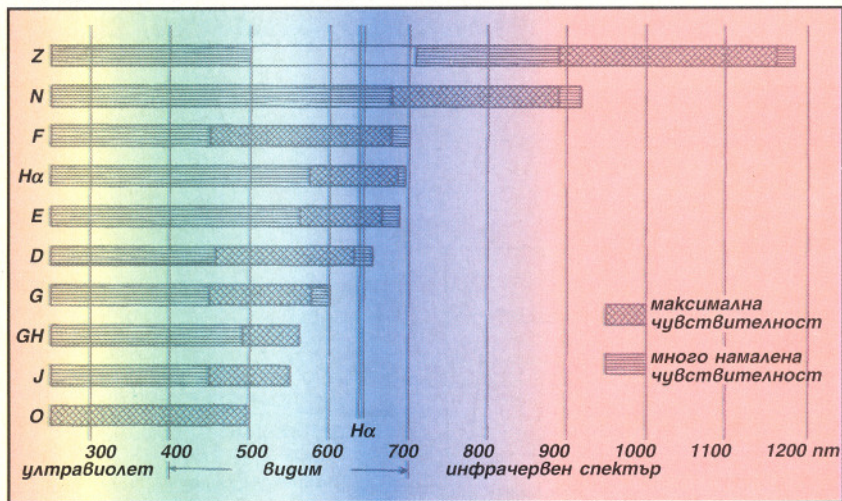
ЧУВСТВИТЕЛНОСТТА. Тя е изразена в ASA, тъй като имаме работа с филми, работещи в специални условия. Нарастването върви от по-чувствителните (тип I) към по-малко чувствителните (тип 649), по следния начин: I, II, 103, III, IV, V.

РАДИКАЛ а. Присъствието му показва наличие на корекция срещу дефекта на реципрочността. Следователно, за дългите експозиции трябва да се избират филми, които имат тази стойност.

Чувствителността 103 специално се препоръчва за астрономията - тук тя дава най-добрия компромис между достатъчния контраст, повишената чувствителност и не много голямото си зърно.

Например: филмът I a0 има максимална чувствителност, коригирана срещу дефекта на реципрочността и освен това е чувствителен във видимия спектър до 500 nm (nm - нанометър или микрон = 1 хилядна от mm).

Друг пример: 103 aF има средна чувствителност, съвместима с астроно



Характеристични криви на професионалните филми Kodak. Код и спектрална класификация.

мическите снимки, коригиран е срещу дефекта на реципрочността и има спектрална чувствителност с максимум в жълто-оранжевото.

ХАРАКТЕРИСТИЧНИ КРИВИ НА НЯКОЛКО ФИЛМА, ИЗПОЛЗВАНИ В АСТРОНОМИЯТА

Тук ще намерите всички технически сведения за продаваните филми, както и за някои, специално препоръчвани в астрономията.

Кривата на спектралната чувствителност позволява да се направи избор на филм според типа на емисия на фотографирувания обект. Например, за фотографирането на галактика или звезден куп трябва да изберем филм, чиято чувствителност да е максимална в синьото (професионален филм Kodak от тип 0, например). Обратно, ако искаме да снимаме газова мъглявина ще използваме филм с максимална чувствителност в червеното (професионален филм от тип F, например). Известно е, че първите обекти са съставени от звезди, които излъчват повече в синьото, а вторите - предимно от възбуден водород, затова излъчват предимно в червеното. За всеки от препоръчаните филми представяме една характеристична крива - интерпретацията ще намерите в главата, посветена на теорията на фотографията.

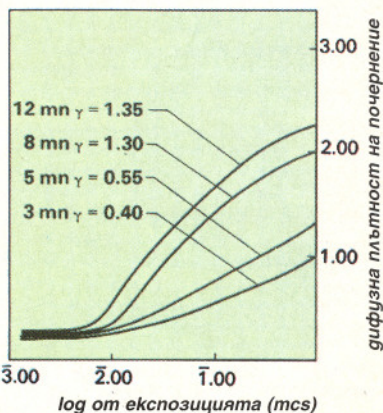
Схематично представяне на спектъра.



Recording Kodak 2475



спектрална
чувствителност



характеристична
крива

Плаки и филми Kodak, използвани в астрономията.

Означаване на продуктите Kodak	Цветна чувствител.	Контраст	Разделит. способност 1/мм 1000:1	Зърнистост R M S	Пасивно осветяване	Проявяване време при 20°C 8 min	Проявители
Специална плака тип 124 -01 (с горсал) ⁽¹⁾							
Специални плаки типове 098-01 098-02 098-04	панхро разширени в червеното 640 до 680 nm	среден	63	44 едро	пълна тъмнина	4	D-19b
Специален филм тип 098-03 ⁽²⁾							
Спектроскопични плаки или филм 35 mm типове							
Ia-0		среден	63	42 едро	филтър N2	4	D-19b
103a-F		висок	80	30 малко едро	пълна тъмнина	4	D-19b
IIa-0		среден	100	19 фин	филтър N2	15	D-76
IIIa-J		висок	200	16 фин	филтър N2	4	D-19b
IIa-F						15	D-76
103a-F, 103a-G, I N						4	D-19b
Специални плаки тип 127-04 (с горсал) тип 127-05 (без горсал) ⁽³⁾	панхро		200	13 много фин	пълна тъмнина	5	D-19b

⁽¹⁾ Означение: тип 103 a-J.

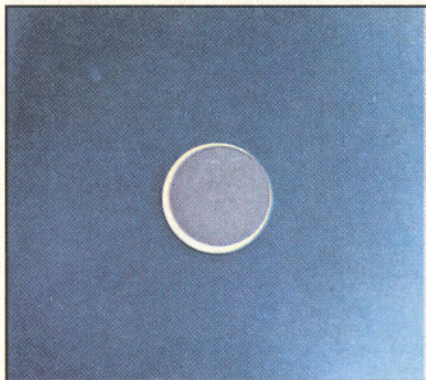
⁽²⁾ Спектроскопската емулсия 103 a-F е идентична с чувствителност, която се е „провалила“ в червеното. Частично се препоръчва за астрономите, които наблюдават емисионните линии на лития на 670.7 nm и с известни затруднения на 671.7 и 673.1 nm, както и на хелия на 667.8 nm.

⁽³⁾ Препоръки за използването в астрономията, където участва целият видим спектър.



Двата кадъра показват по различен начин едно пълно слънчево затъмнение. Горе: Слънчевата корона с експозиция 2 s. Долу: Протуберанси с експозиция 1/50 s. Обектив 120 mm и $f/D=6.3$.

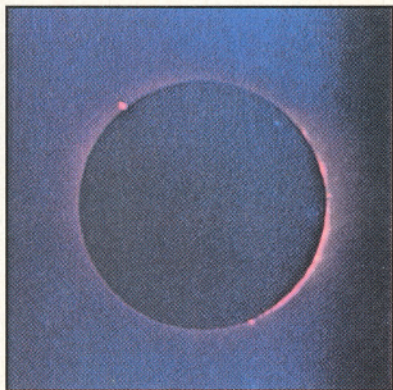
Снимка: Пиер Бурж.



Фотография на пръстенообразно слънчево затъмнение, получена във фокуса на 50 mm далекотег ($f=500$ mm) върху филм Kodachrome 25, с добавяне на сив неутрален филтър на Wratten N4 от серията 96.

Снимка: Пиер Бурж.

Слънчеви протуберанси, фотографирани по време на пълно слънчево затъмнение. Хромосферата се вижда като шлифован розов ръб върху дясната четвърт на диска. Снимка: Пиер Бурж, във фокуса на 256 mm телескоп и $f/D=5$.



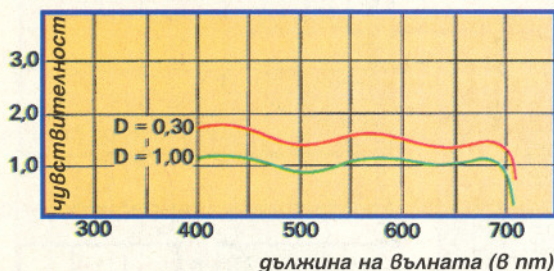
Слънчевата корона, фотографирана по време на пълно слънчево затъмнение. Експозиция 2 s върху филм Ektachrome 25 ASA. Обектив 120 mm $f/D=6.3$.

Снимка: Аркади-Бурж.

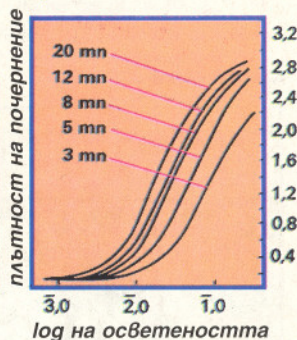
Plus X Aero Kodak 2402

Дневно осветление. Проявяване: D 19 при 20°C.

спектрална чувствителност

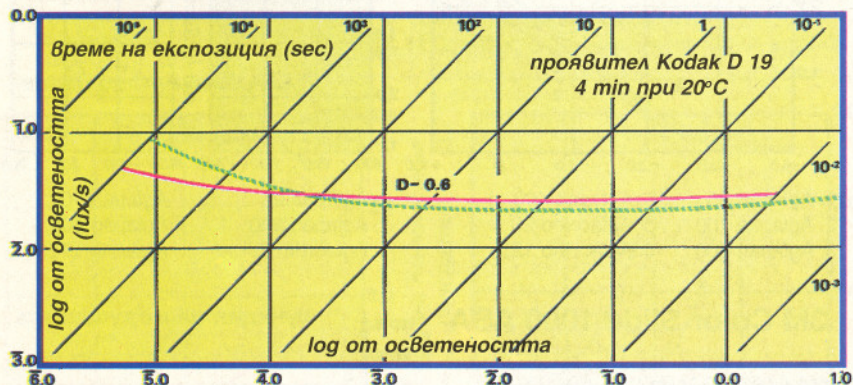


характеристична крива



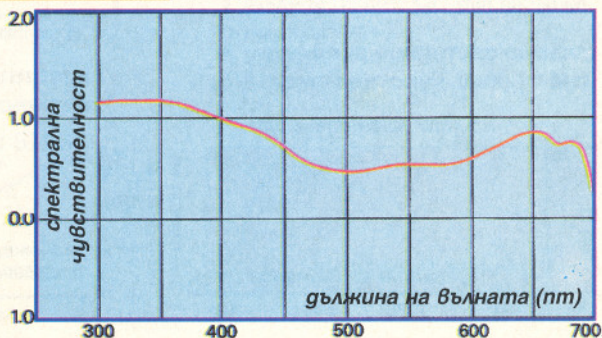
Kodak 103 F 130 aF

Кривите сравняват отклонението от закона за реципрочността между спектроскопски филм 103 F (с пунктира) и спектроскопски филм 103 aF (с плътната линия).



Kodak Technical Pan 2415

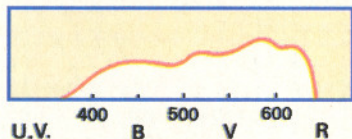
спектрална чувствителност



Спектралната чувствителност на Pan 2415 е достатъчно висока, за да позволи използването му от ултравиолета до далечния инфрачервен край на спектъра.

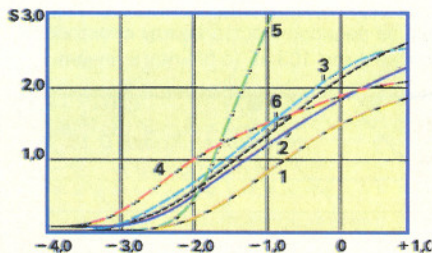
HP 4 Ilford

крива гама-време



Agfa

характеристични криви

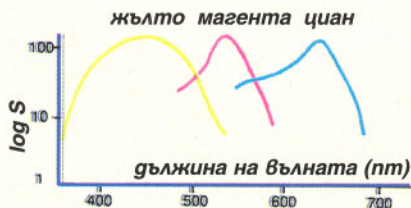


1. Agfapan 25
2. Agfapan 100
3. Agfapan 200
4. Agfapan 400
5. Agfaortho 25
6. Agfaortho 125

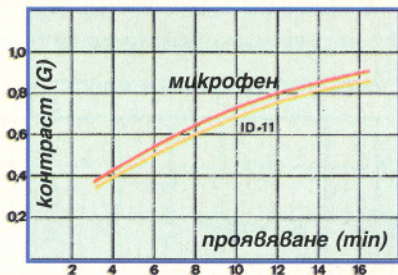
3M Color Slide 1000 ASA

тест с прицел : контраст на обекта
1000:1
разделителна способност
линии на mm 67

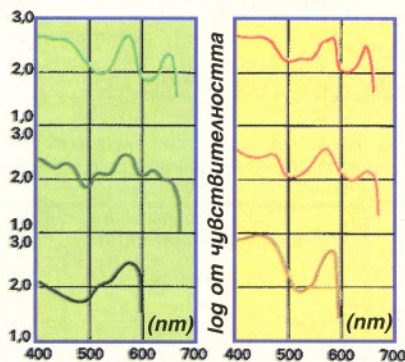
дневна светлина - криви на
спектрална чувствителност



спектрална чувствителност



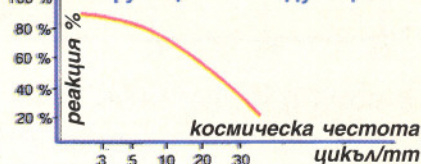
спектрална чувствителност



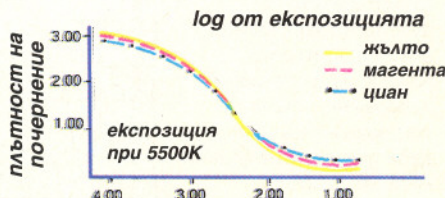
- Agfapan 25
Agfapan 200
Agfaortho 25

- Agfapan 100
Agfapan 400
Agfaortho 125

функция на модуляцията



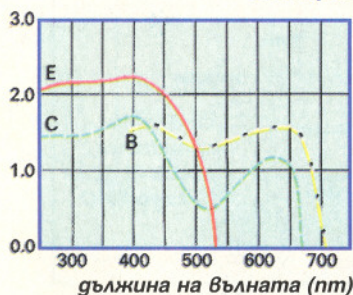
сенситометрични
характеристични криви



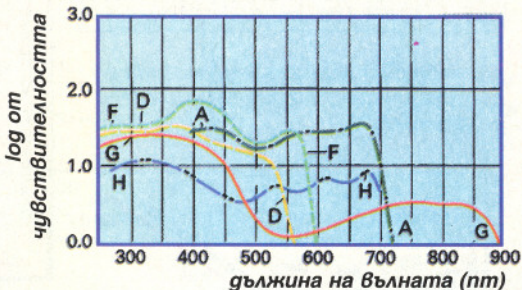
Kodak

Спектрална чувствителност: дефинира се като реципрочна на експозицията, изразена в ergs/cm^2 ; тя е необходима, за да се получи дадена плътност D над воала, когато емулсията е обработена в препоръчаните по-горе условия.

спектрална чувствителност

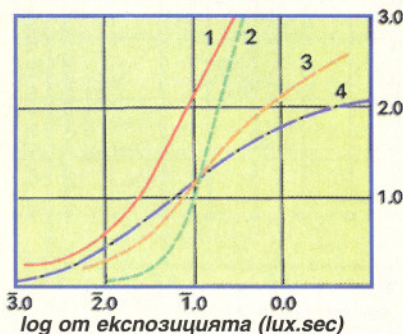


B: Спектроскопска емулсия тип 103a-F
C: Спектроскопска емулсия тип 103a-E
E: Спектроскопска емулсия тип 1a-0

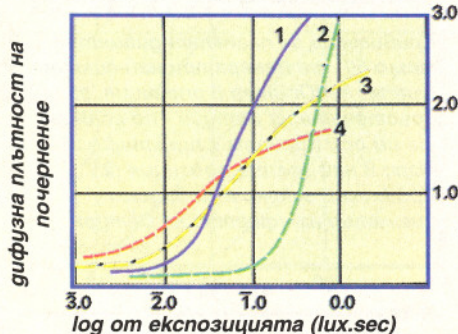


A: Специална емулсия тип 098-01
D: Спектроскопска емулсия тип 111a-J
F: Спектроскопска емулсия тип 103a-G
G: Спектроскопска емулсия тип I-N
H: Спектроскопска емулсия тип 127-04 и 127-05

характеристични криви



1. Емулсия а-1
2. Емулсия 127-04 и 127-05
3. Емулсия 11a-0
4. Емулсия 061-04



1. Емулсия 098-01
2. Емулсия 111a-J
3. Емулсия 11a-F
4. Емулсия 1a-0

Microfilm Recordak 5786

Спектрограмата е получена чрез осветяване с лампа Tungstene (с цветна температура 3200K).

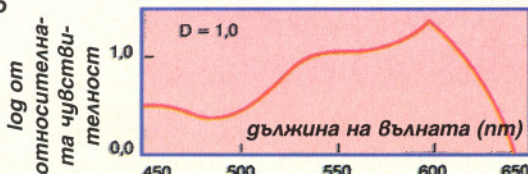
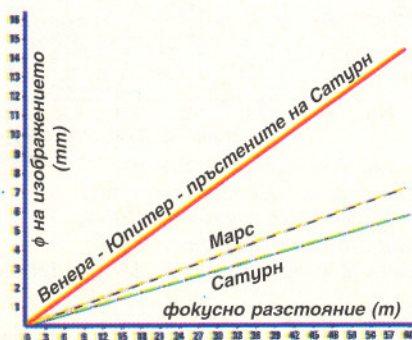


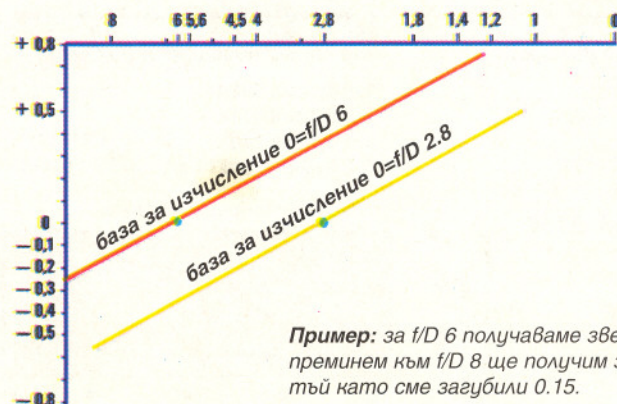
Таблица за превръщане на частите от секундата в десетични стойности от секундата.

1/2 = 0.500	1/20 = 0.050	1/100 = 0.010
1/4 = 0.250	1/25 = 0.040	1/200 = 0.005
1/5 = 0.200	1/30 = 0.033	1/250 = 0.004
1/8 = 0.125	1/40 = 0.025	1/500 = 0.002
1/10 = 0.100	1/50 = 0.020	1/1000 = 0.001
1/15 = 0.066	1/60 = 0.016	1/2000 = 0.0005

Диаметър на планетните изображения като функция от фокусното разстояние.

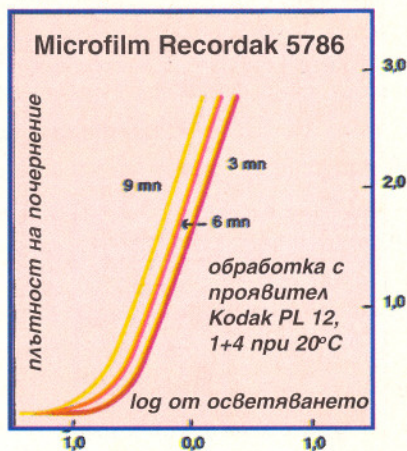


Кривите са за планетен диаметър около 50" (за Венера при най-силния блясък, за Юпитер в опозиция, за пръстените на Сатурн - по голямата им ос). Кривата с пунктир е за Марс в най-голяма опозиция (25"). Кривата в зелено е за видимия диаметър на сферата на Сатурн.

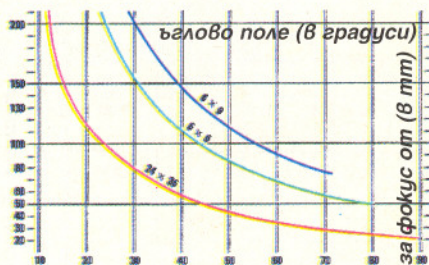


Пример: за f/D 6 получаваме звезди от 5", но ако преминем към f/D 8 ще получим звезди от около 4.8", тъй като сме загубили 0.15.

характеристични криви



Ъгловите полета, съответстващи на формат 24x36, 6x6 и 6x9 за съответните фокуси.



Печалби и загуби в звездната величина като функция от изменението на отношението F/D за известна оптична система.