

24. Недостатъци на оптичните системи. Сферична аберация. Кома. Астигматизъм. Кривина на полето. Дисторсия. Хроматична аберация.

Към образите, получавани от оптичните системи, се поставят преди всичко три изисквания:

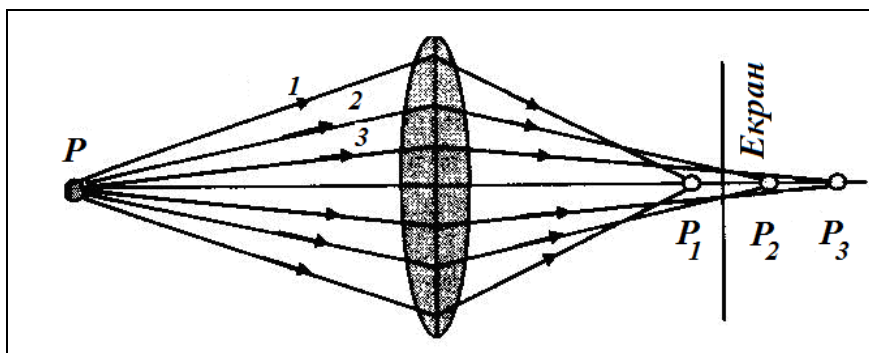
- 1) да бъдат стигматични;
- 2) образът на равнина, перпендикулярна на оптичната ос, да бъде в равнина, перпендикулярна на оптичната ос;
- 3) мащабът на различните части от образа (увеличението) да бъде един и същ.

Осъществяването на тези три изисквания е доста трудна задача в реалните оптични системи. В тях съществуват различни недостатъци, причинени преди всичко от три фактора:

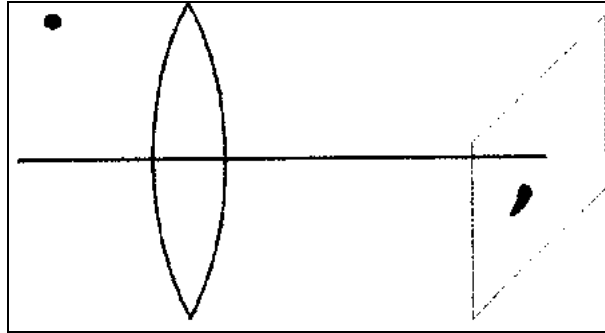
- а) не се получават образи от параксиални лъчи, а от по-широки снопове;
- б) образите се получават от снопове, които сключват големи ъгли с оптичната ос;
- в) падащите снопове са немонахроматични.

По-долу ще разгледаме 6 типа недостатъци на оптичните системи:

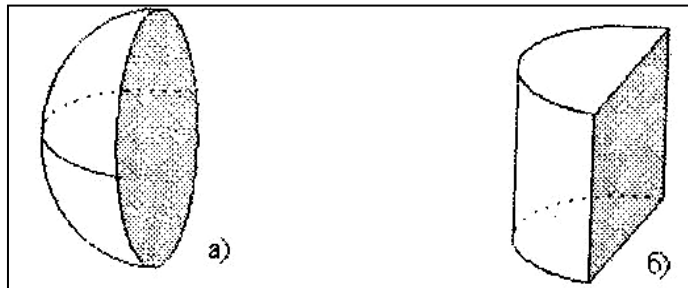
А) Сферична аберация – причинена е от непараксиалните (широки) снопове, които се използват. Ако пречупващите или отразяващите повърхнини са сферични, различните им части пречупват на различен ъгъл. Параксиалните лъчи се събират в една точка, но за непараксиалните снопове по-отдалечените лъчи се пречупват по-силно и се срещат по-близо. Фигурата е силно преувеличена за нагледност. Ако поставим плосък екран напречно на оптичната ос, вместо точка, образът ще представлява размито кръгло петно. Като цяло образът на точката, разглеждана като малко кълбо, ще бъде разтегнат, приблизително разтегнат ротационен елипсоид.



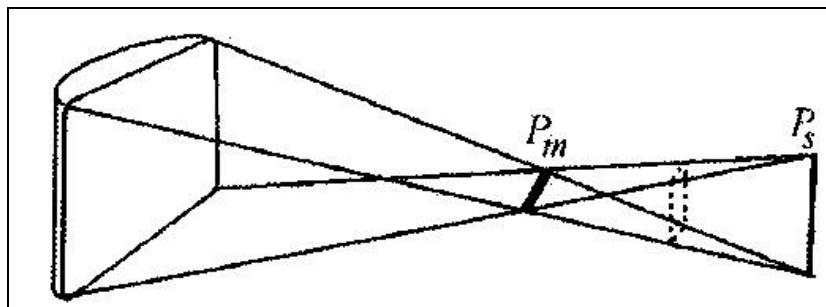
Б) Кома (от сноп коси, аналогично на комета) – получава се при обект, отдалечен от оптичната ос. В този случай осевата симетрия на системата в значителна степен е без значение за образа и различните части на лещата дават образи не само на различно разстояние по оста, а и на различни разстояния от оста. Получава се светещо петно с формата на комета. Комата е по-сложна проява на сферичната аберация.



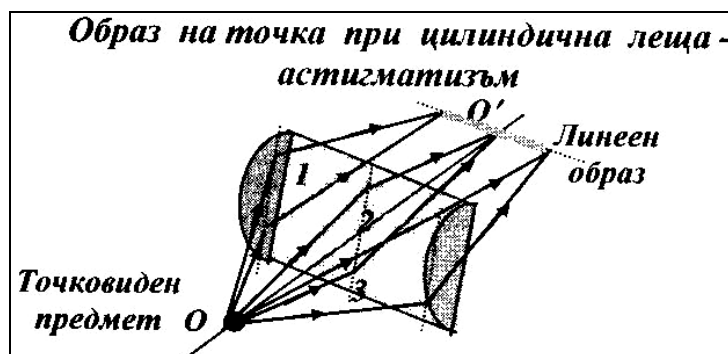
В) Астигматизъм – този недостатък се изразява в получаване на образи – чертички - на светещи точки. Астигматизмът е следствие от неправилна форма на системата (цилиндрична асиметрия). В случай, че лещата няма сферична форма (случай а) на фигурата), а цилиндрична форма (случай б) на фигурата), т. е. вторият радиус на кривината е безкрайност.



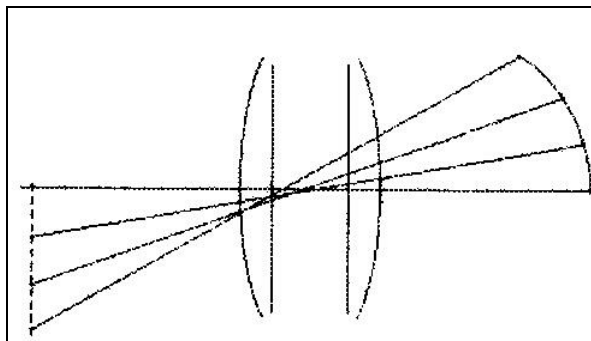
Астигматичният образ се получава и от централните лъчи, насочени по оптичната ос (на фигурата отдолу).



Всъщност такава система няма осева симетрия и падащият сноп с осева симетрия силно ще се изкриви след пречупването.

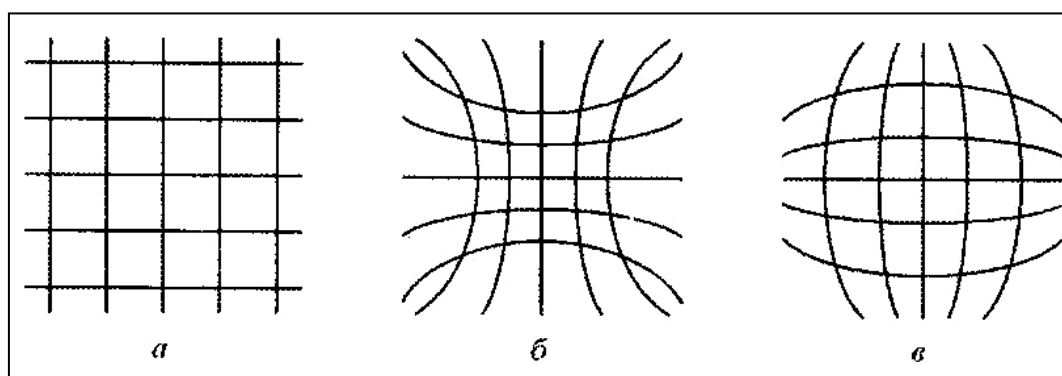


Г) Изкривяване равнината на образа – причинява се от големите ъгли, които сключват крайните лъчи с оптичната ос – вместо в една равнина образът се получава в по-сложна пространствена повърхнина.



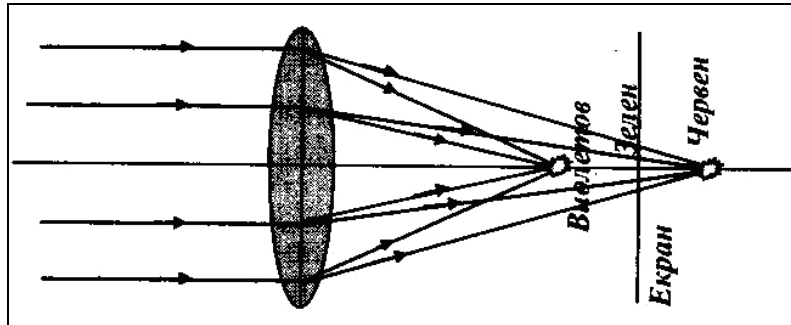
При преместване на екрана се получава по-голяма рязкост на различни места от образа. Такъв недостатък е особено неприятен при фотоапаратите. Обикновено се подбират специални комбинации от лещи (събирателни, разсейвателни, с подходящи разстояния между тях), за да се компенсира този недостатък в равнината на снимката. Тези специални обективи се наричат *анастигмати* – едновременно се компенсира и астигматизмът.

Д) Дисторсия – увеличението на оптичната система в равнината на образа се мени с отдалечаване от центъра (от оптичната ос). Затова се променя и мащабът на образа в различните части: образът на мрежа /а/ се изкривява като възглавница - /б/ или като бъчва - /в/.



Дисторсията не вреди особено на наблюдението, но е опасна при аерофотоснимки, когато се обхваща голямо полезрение. Компенсира се със специални широкоъгълни обективи.

Е) Хроматична аберация – обикновено различните по дължина на вълната електромагнитни вълни (различни цветове) имат различен показател на пречупване (макар разликата да е във втория или третия знак след десетичната точка). Това обуславя различна оптична сила на лещите и съответно различни фокусни разстояния за различните дължини на вълните.



Върху екран, поставен на определено място, се получава един от цветовете с цветни кръгове около него.

Поради различните зависимости на показателя на пречупване от λ за различните вещества (видове стъкла), с подбиране на различни комбинации е възможно да се компенсира хроматичната аберация. При тънки лещи се постига съвпадане на фокусите за две или три дължини на вълните и съответно еднакви увеличения. При дебилите лещи съвпадането на фокусите още не означава еднакви увеличения, защото положението на главните равнини също е различно в зависимост от λ . Особено важна е корекцията на хроматичната аберация при микроскопите. Абе (1886) построява специален обектив за микроскоп – *апохромат*, в който са отстранени хроматичната аберация за три дължини на вълните и сферичната аберация.

Обикновено пълната корекция на всички недостатъци е невъзможна (въпреки, че понякога се подбират системи с голям брой лещи – 10 - 15). Различните оптични системи се конструират за определени цели и се отстраняват именно пречещите недостатъци.