

Лекция 7.

Спектральные приборы



Дифракционные решетки

Основное уравнение дифракционной решетки

$$\sin \alpha + \sin \beta = m\lambda(n \cdot 10^{-6})$$

α - угол падения

β - угол дифракции

m - порядок дифракции

n - число штрихов на мм

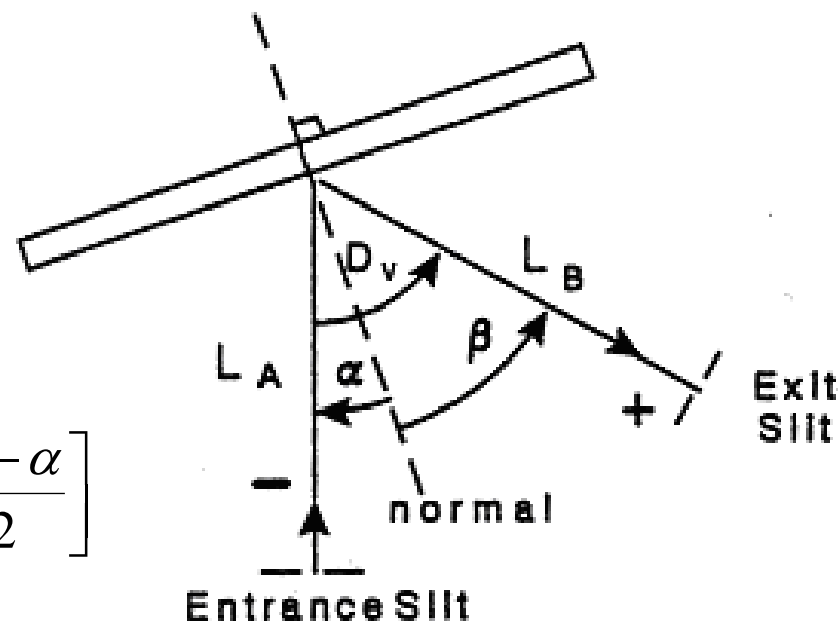
λ - длина волны (в нм)

иначе,

$$10^{-6}mn\lambda = 2 \sin \left[\frac{\beta + \alpha}{2} \right] \cos \left[\frac{\beta - \alpha}{2} \right]$$

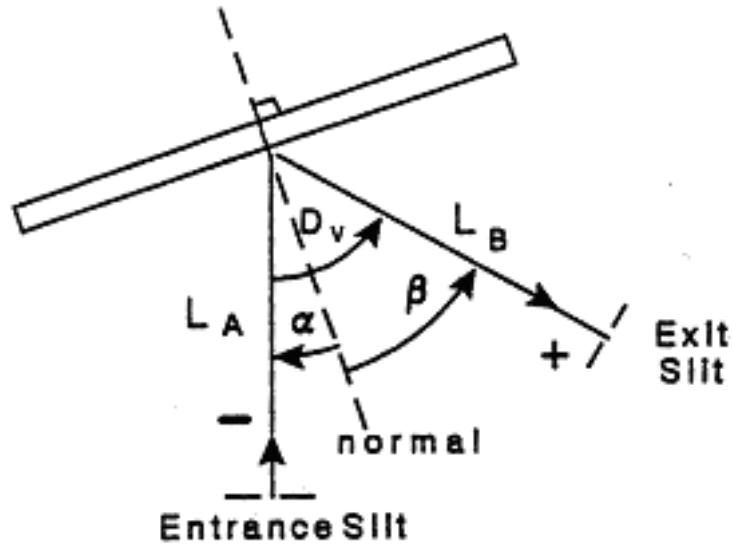
Иногда удобно пользоваться углом

$$D_v = \beta - \alpha$$

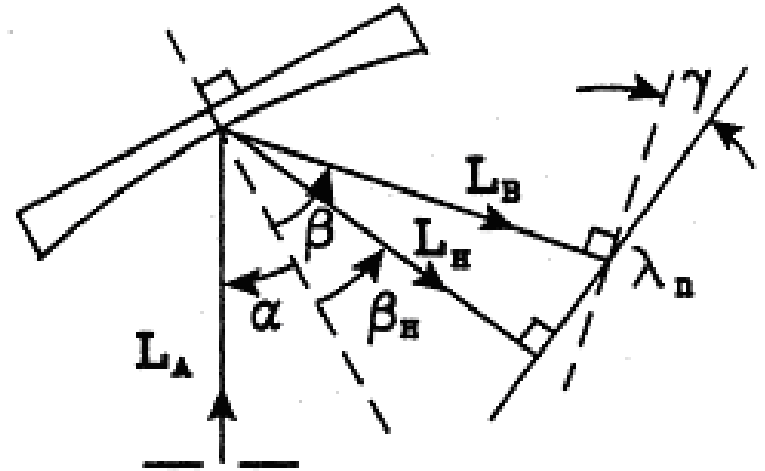


Монохроматоры и спектрографы

конфигурация монохроматора



конфигурация спектрографа



угловая дисперсия:

$$\frac{d\beta}{d\lambda} = \frac{m(n \cdot 10^{-6})}{\cos \beta} \quad \text{рад/нм}$$

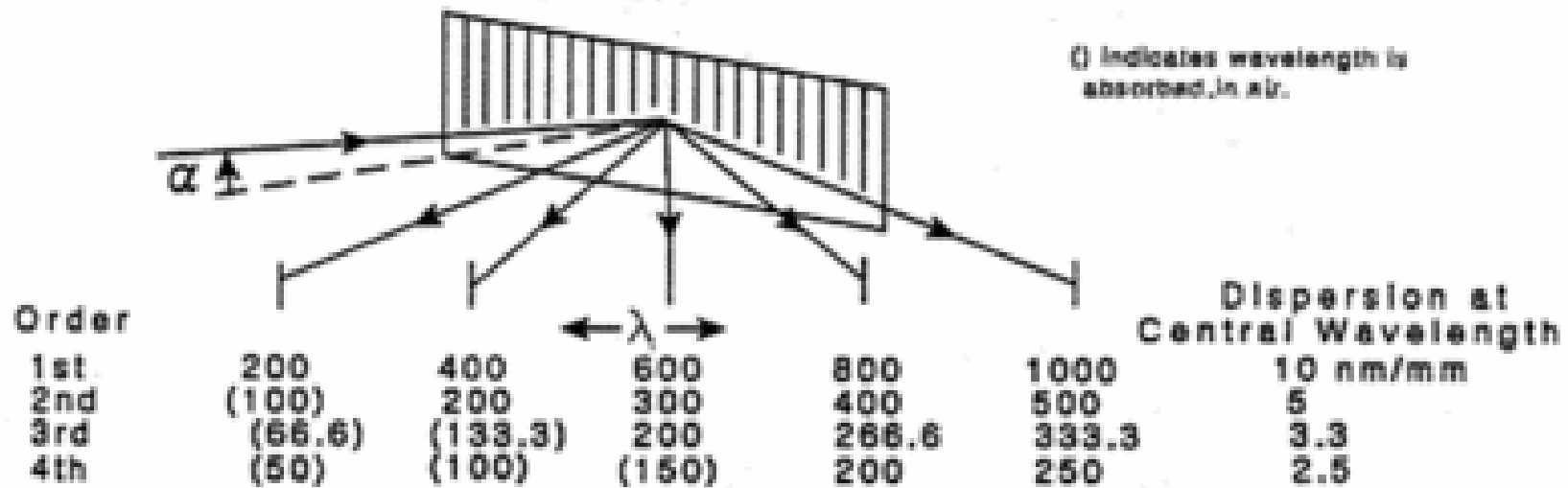
линейная дисперсия:

$$\frac{d\lambda}{dx} = \frac{10^{-6} \cos \beta}{mnL_B} \quad \text{нм/мм}$$

соотношение длины волны блеска и угла блеска: $2 \sin \omega = mn\lambda_B \cdot 10^{-6}$

Монохроматоры и спектрографы

Проблема наложения порядков дифракции



причина: $m\lambda = \text{Const}$

Разрешающая способность

Определение: $R = \frac{\lambda}{d\lambda} = mnW_g = mN$

λ - центральная длина волны разрешаемой линии

W_g - освещаемая ширина решетки

N - полное число штрихов решетки

Пример: для решетки 1200 штр/мм, шириной 110 мм, работающей в первом порядке дифракции и на длине волны 500 нм:

$$R = 1200 \times 110 = 132.000, \quad d\lambda = 500 / 132.000 = 0.0038 \text{ нм (sic!)}$$

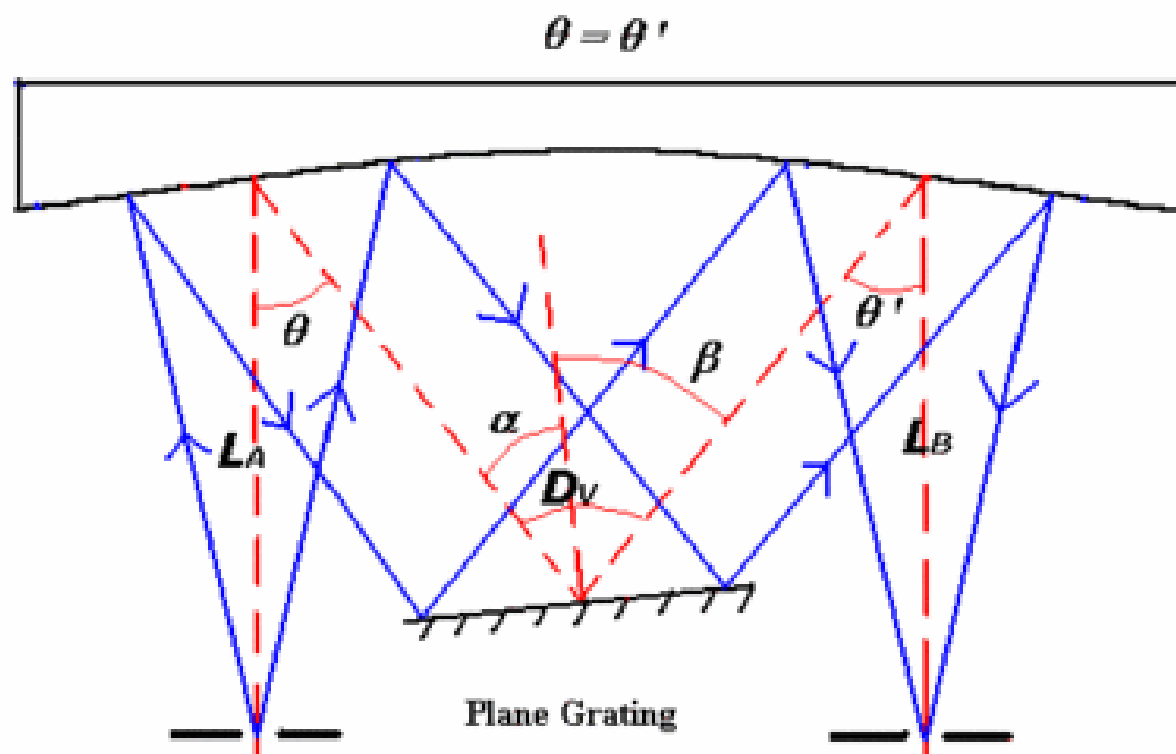
в реальности:

$$\text{т.к. } m = \frac{\sin \alpha + \sin \beta}{10^{-6} n \lambda}, \quad \text{то } R = W_g \frac{\sin \alpha + \sin \beta}{10^{-6} \lambda}$$

Разрешающая способность определяется:

- шириной решетки
- длиной волны
- геометрическими характеристиками схемы

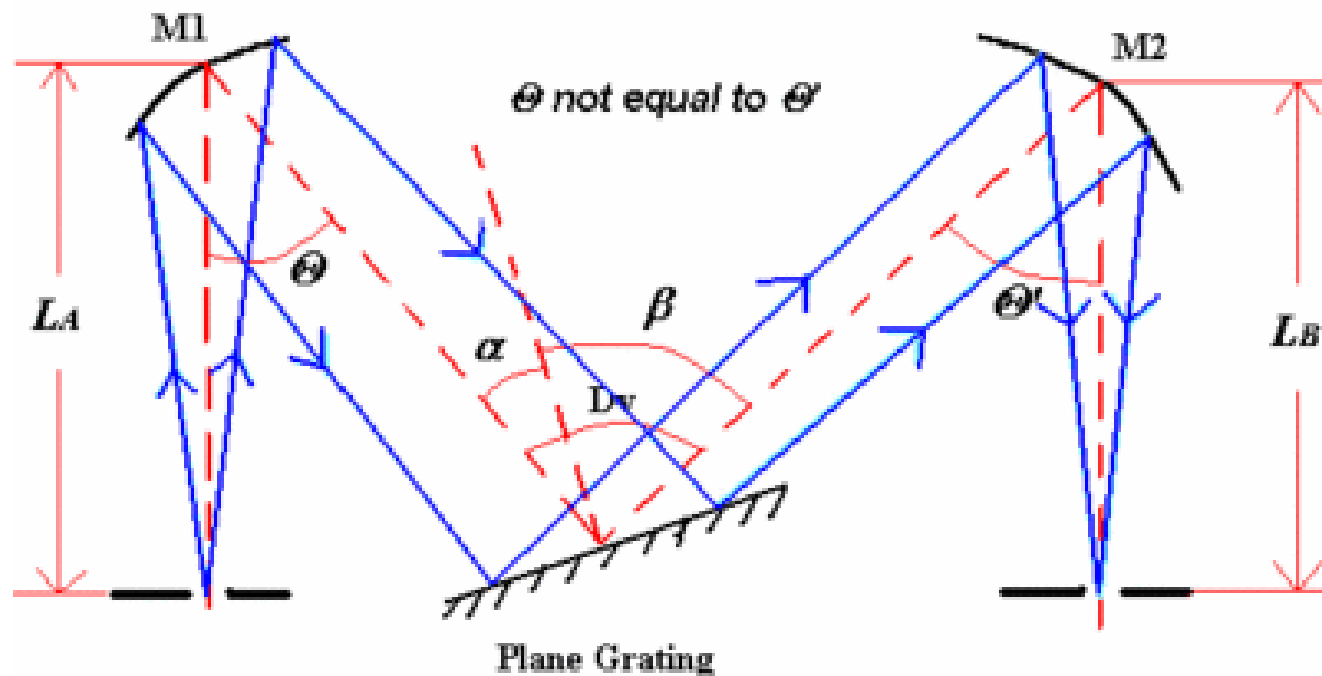
Основные конфигурации спектрометров



Конфигурация Fastie-Ebert:

- одно сферическое зеркало;
- плоская дифракционная решетка

Основные конфигурации спектрометров



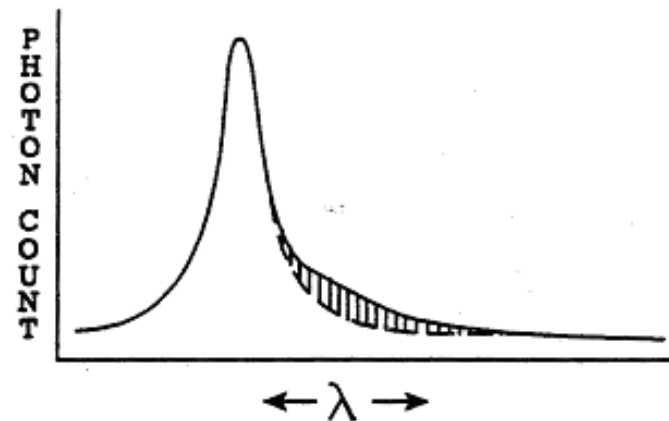
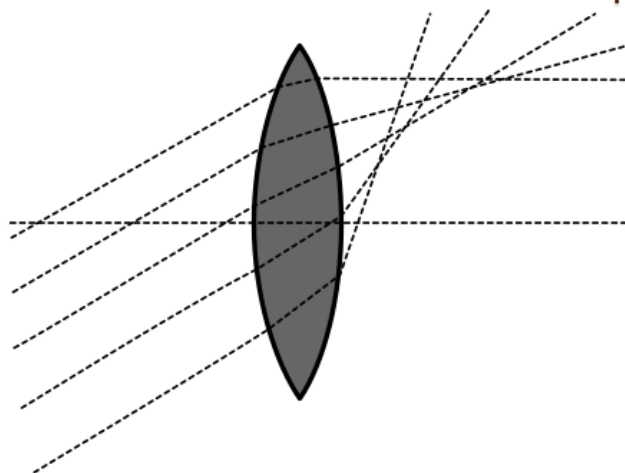
Конфигурация Czerny-Turner:

- два параболических зеркала;
- плоская дифракционная решетка

Основные проблемы спектрометров с плоской дифракционной решеткой

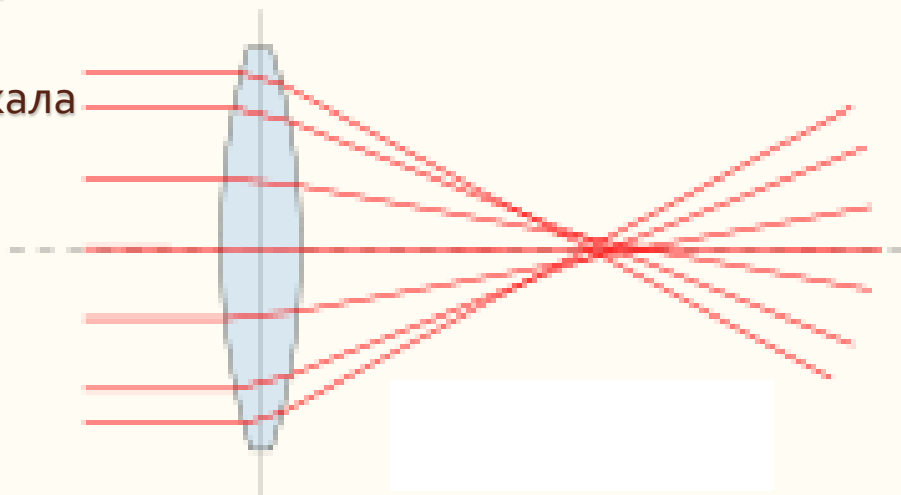
1. кома (несимметрическая аберрация)

причина – неаксиальная геометрия



2. сферические аберрации

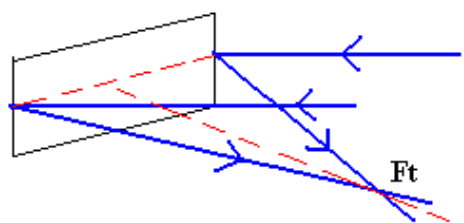
причина – сферические зеркала



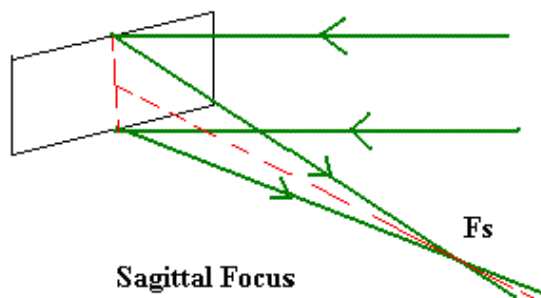
Основные проблемы спектрометров с плоской дифракционной решеткой

3. астигматизм

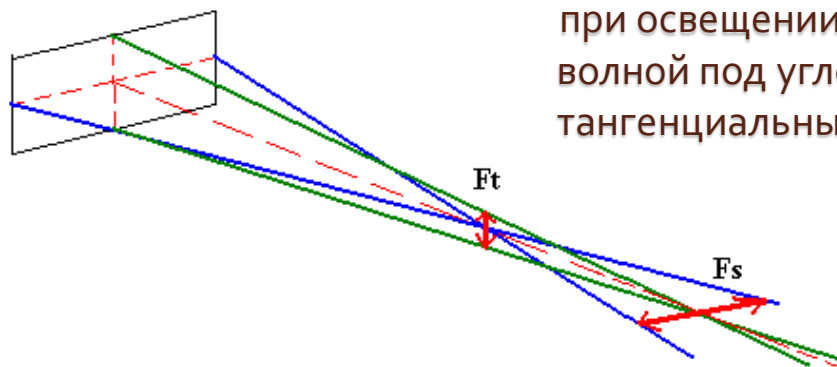
причина – неаксиальная геометрия



Tangential Focus



Sagittal Focus

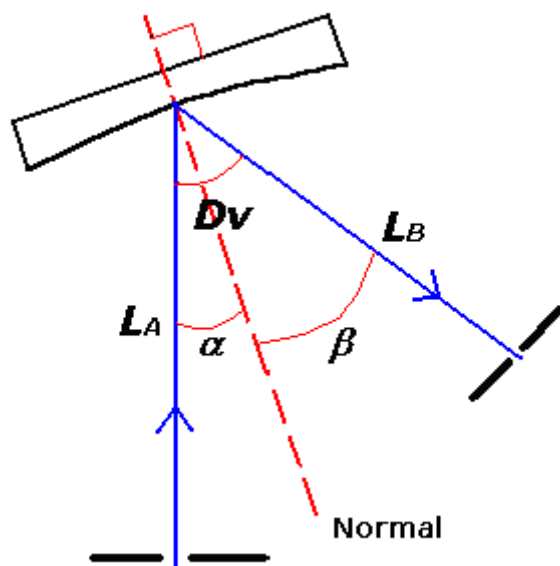


при освещении сферического зеркала плоской волной под углом появляются два фокуса – тангенциальный и стреловидный

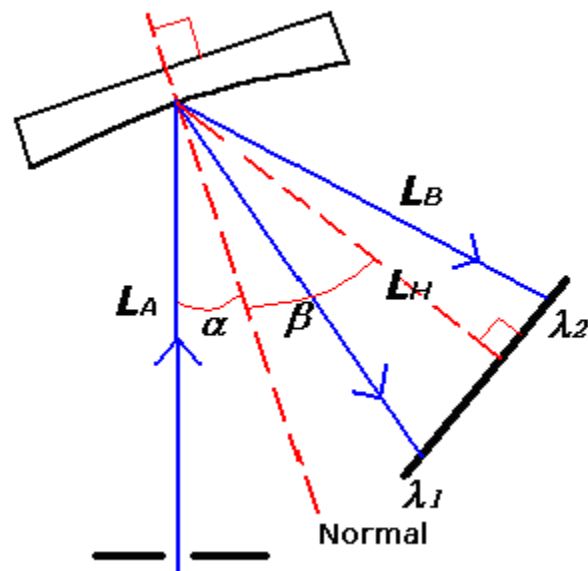
Аберрации ухудшают пространственное разрешение и соотношение сигнал/шум

Способы компенсации аберраций

использование голографической сферической решетки



конфигурация монохроматора



конфигурация спектрографа