

La Observación.

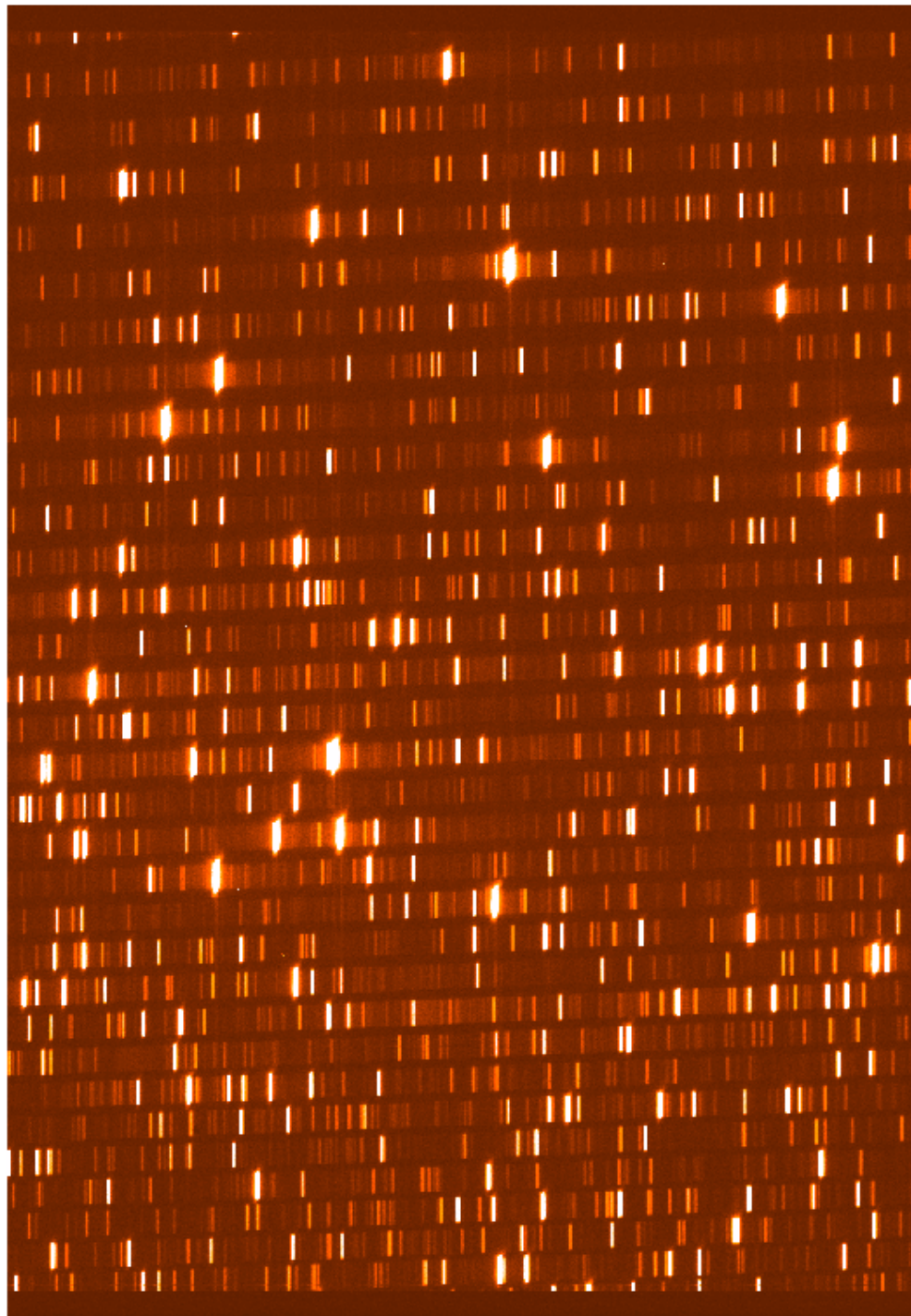
- Propósitos de la espectroscopía:
 - Medir longitudes de onda de líneas de absorción y emisión.
 - Medir intensidades relativas de líneas de emisión.
 - Medir anchos equivalentes de líneas de absorción.
 - Medir distribución de energía del continuo.

La Observación.

Slit en ángulo paraláctico! O bien: ADC.

Calibración en longitud de onda.

- Obtener espectro de comparación (mismo “setup”) de lámpara. Usualmente descarga de un cátodo en gas noble (He, Th, Ar).
- Usando atlas de líneas medidas en laboratorio, mapear “x” en “lambda”



LAMP.WAVE

©SONIDAG, Tü. 18. April 2009 105/1118

Calibración de flujo: corregir “response function”.

Niveles de energía, series: absorción y recombinación

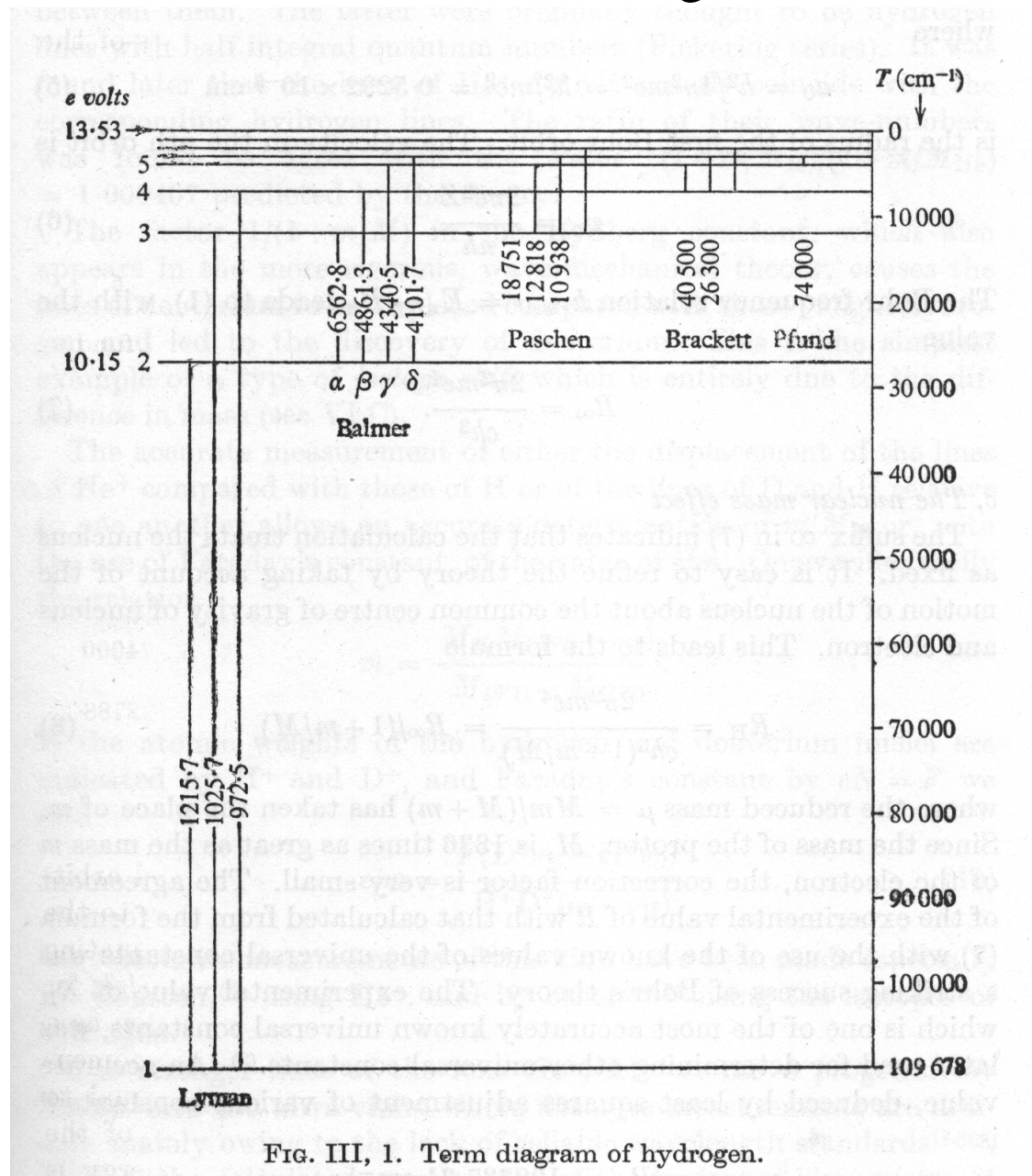
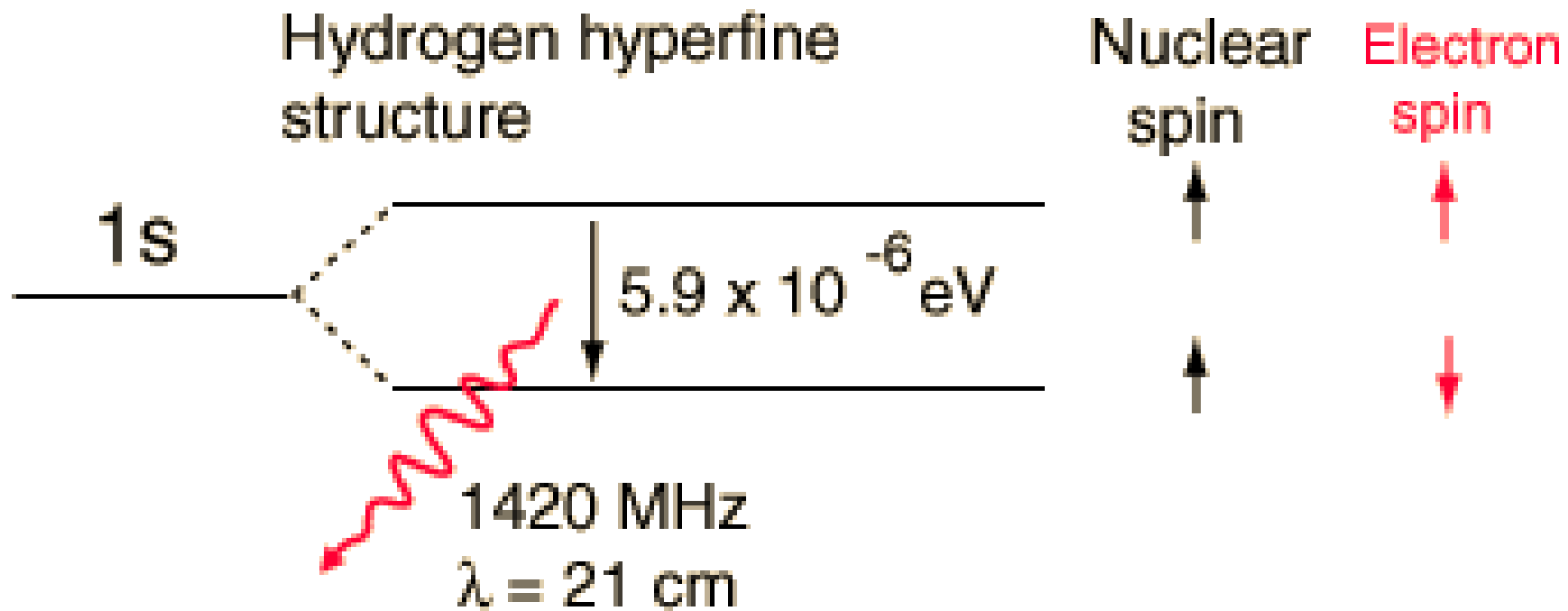


FIG. III, 1. Term diagram of hydrogen.

Estructura hiperfina del HI



Líneas prohibidas --> temperatura y densidad del gas



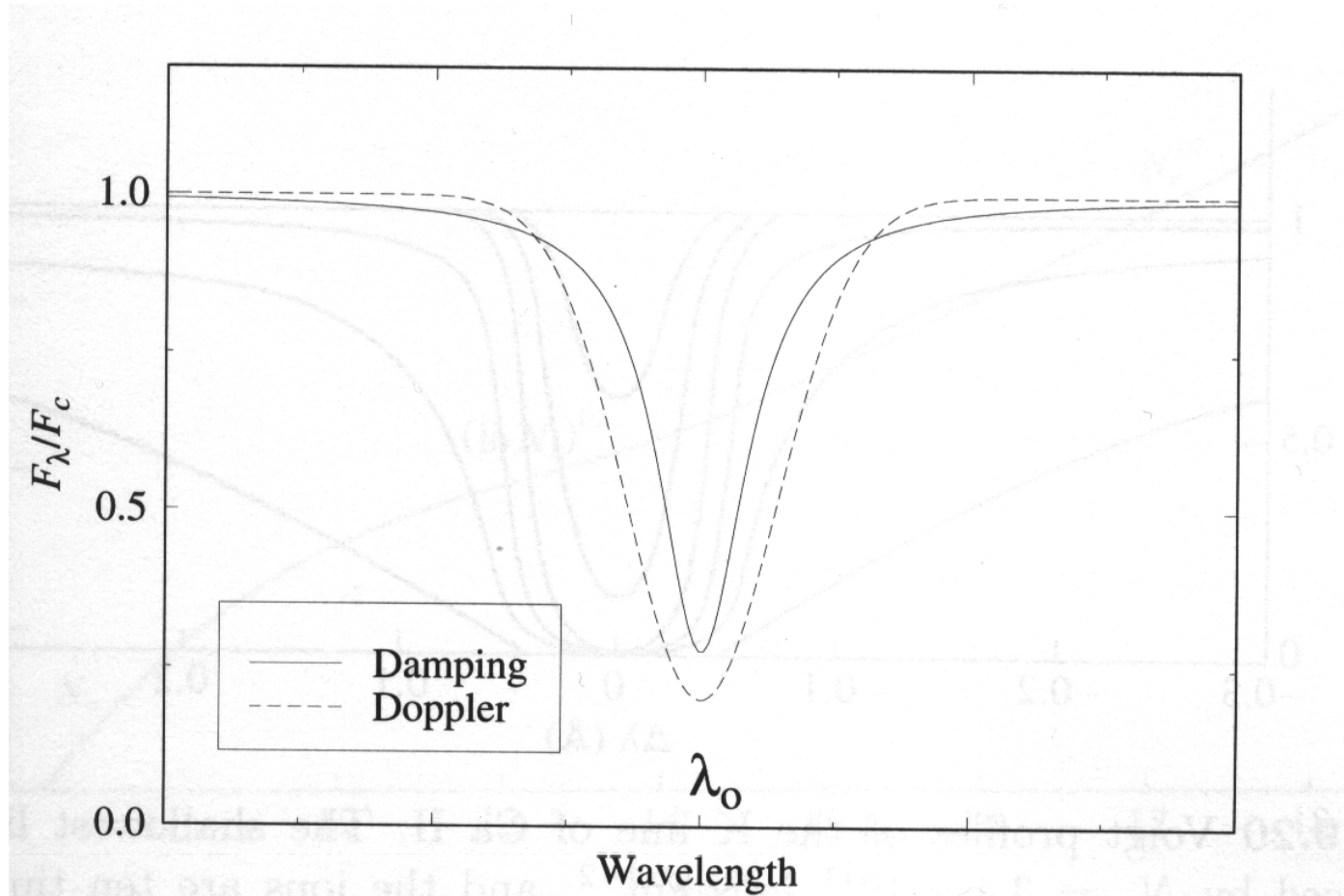
Abundancia en estrellas, ISM y IGM

- Transiciones permitidas por reglas de selección de átomos en diferentes estados de ionización (e.g. Calcio, Sodio, Silicio, Azufre, Oxígeno, Hierro).
- Las abundancias relativas de estos elementos nos dicen acerca del proceso de nucleosíntesis que los creó
- Las abundancias se pueden obtener de los perfiles de las líneas.

Abundancia en estrellas, ISM y IGM

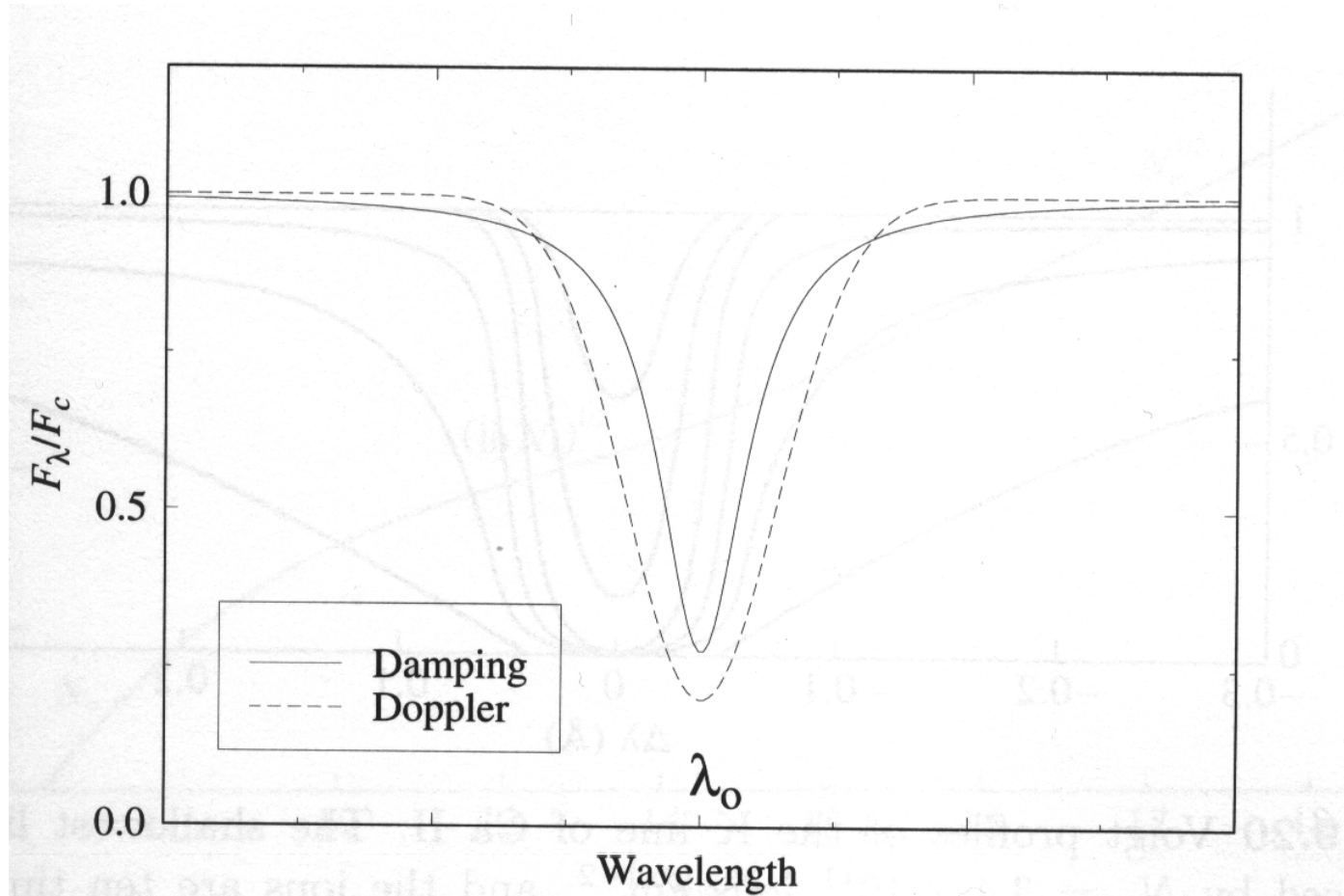
- Tres mecanismos de ensanchamiento:
 - Ancho natural (QM) --->> Lorentziana
 - Doppler ----> gaussiana
 - Colisiones ----> Lorentziana

Abundancia en estrellas, ISM y IGM



Convolución de ambas: Voigt

Abundancia en estrellas, ISM y IGM



Nota: también convolución con perfil instrumental!

Abundancia en estrellas, ISM y IGM

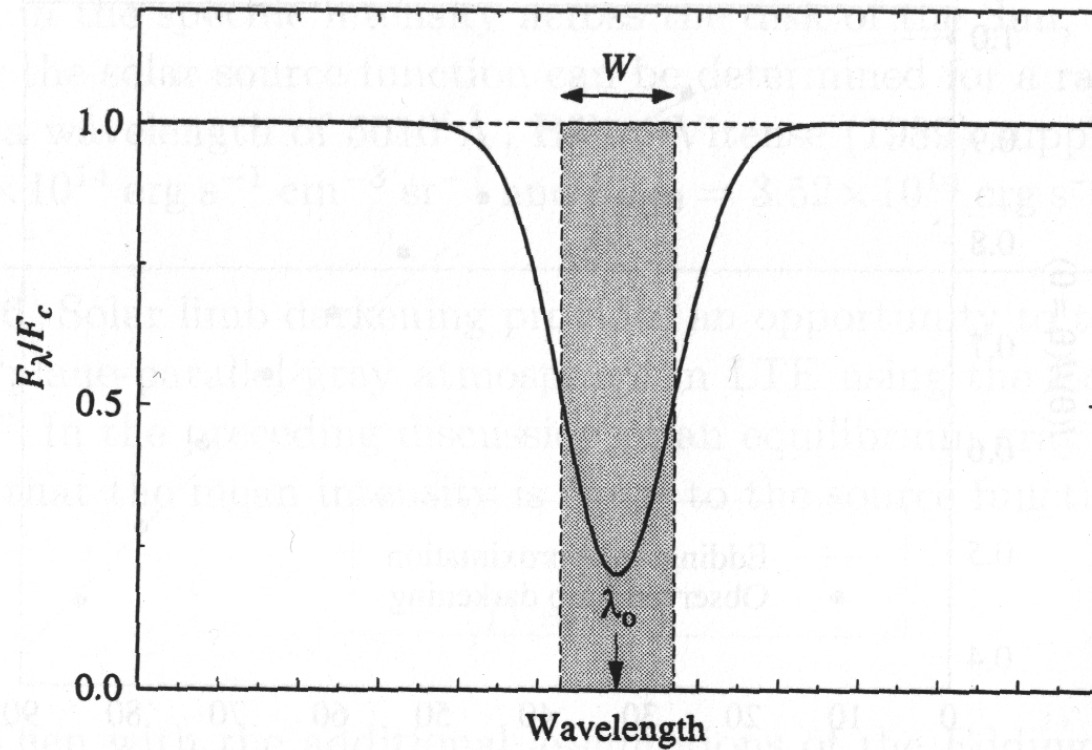


Figure 9.18 The shape of a typical spectral line.

Ancho equivalente

Abundancia en estrellas, ISM y IGM

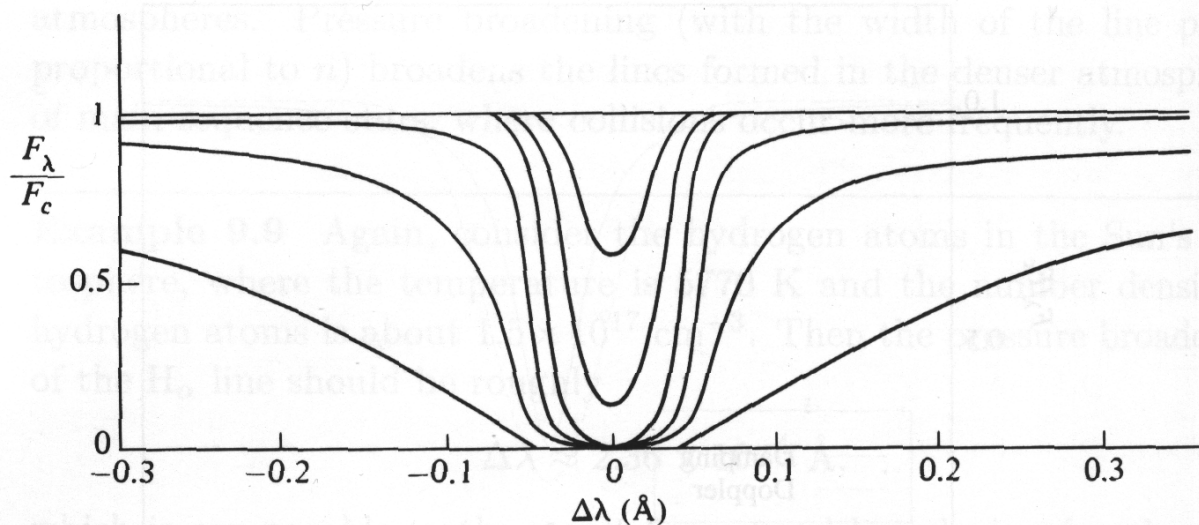
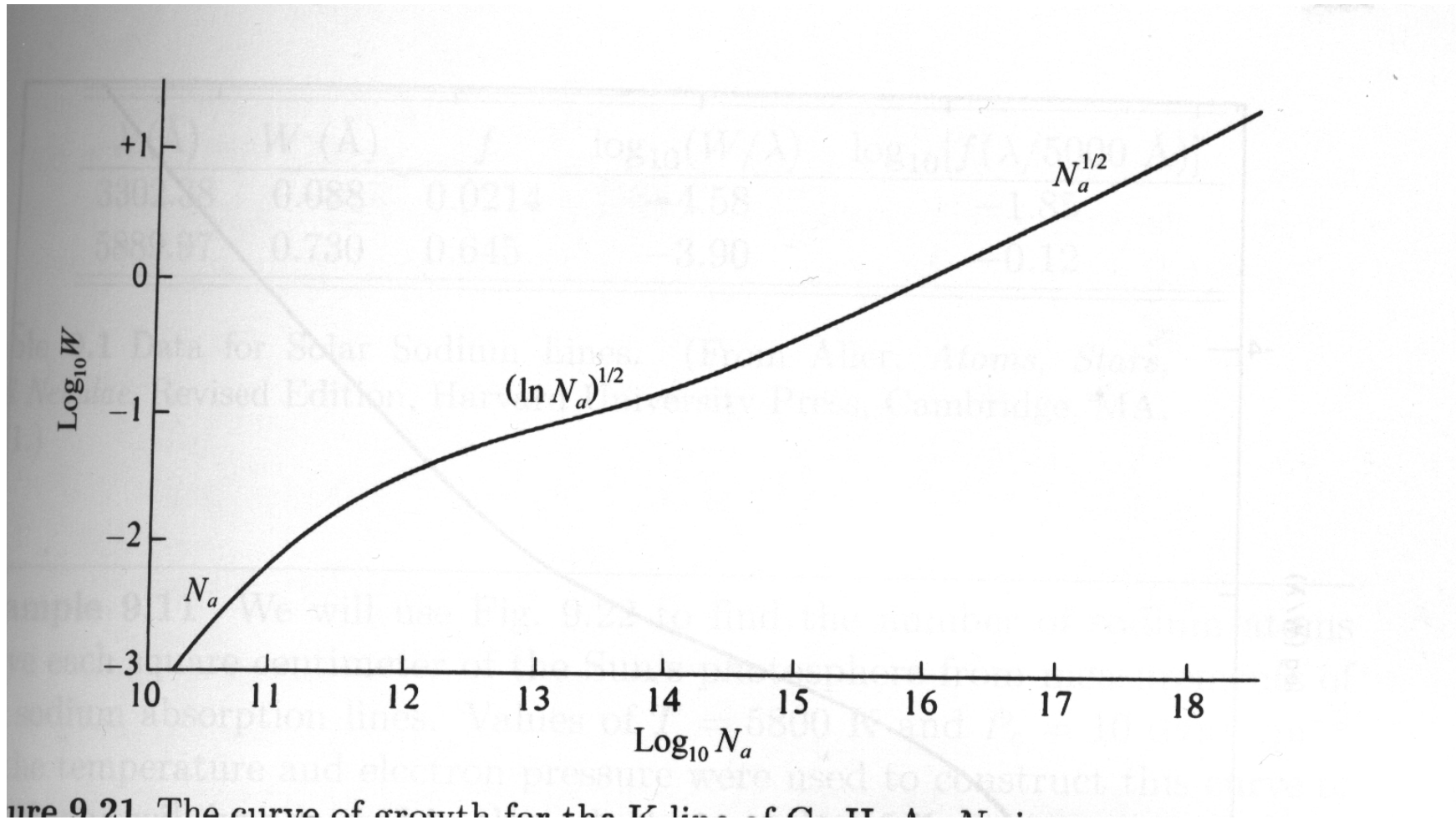


Figure 9.20 Voigt profiles of the K line of Ca II. The shallowest line is produced by $N_a = 3.4 \times 10^{11}$ ions cm^{-2} , and the ions are ten times more abundant for each successively broader line. (Adapted from Novotny, *Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors*, Oxford University Press, New York, 1973.)

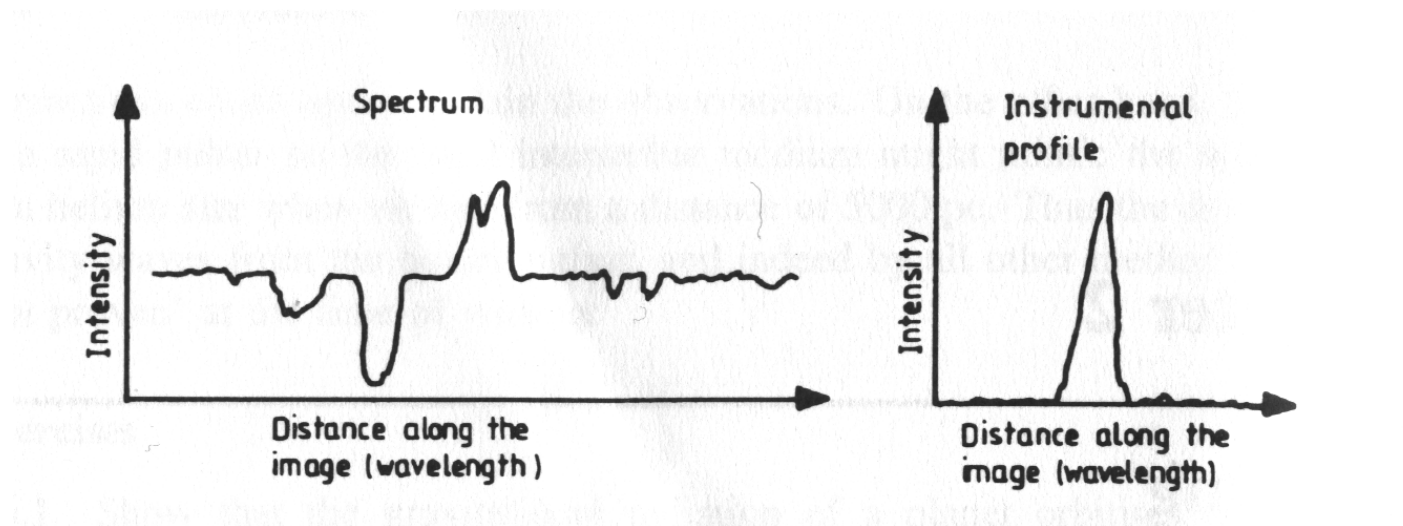
Ancho equivalente

Abundancia en estrellas, ISM y IGM

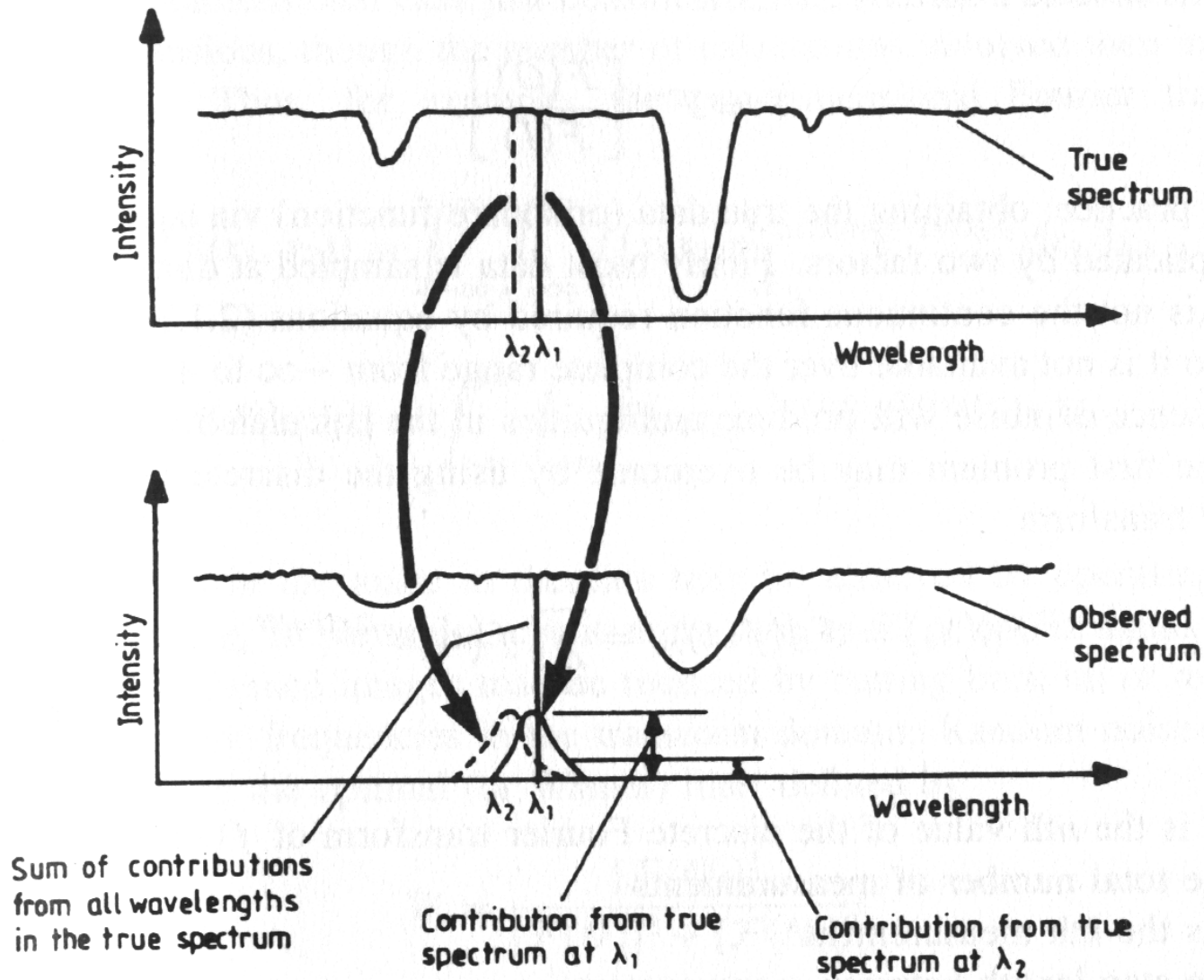


Curva de crecimiento

Perfil instrumental



Convolución



$$O(\lambda) = \int_0^\infty T(\lambda - \lambda') I(\lambda') d\lambda'$$

$$O = T * I$$

Transformada de Fourier

$$F(O) = F(T * I) = F(I) \times F(T)$$

Señal “verdadera”

$$T = F^{-1} [F(O) / F(I)]$$

3 problemas: datos discretos, Δ desconocida en todo el rango, ruido

Usar T. de Fourier discreta. Delta es el “paso” (sampling).

$$F_D(S_n) = \mathcal{F}_D(f(x))_n = \sum_{k=0}^{N-1} f(x_k) e^{-2\pi i k n / N} \Delta$$

$$f(x_k) = \mathcal{F}_D^{-1}(F_D(S_n)) = \sum_{n=0}^{N-1} F_D(S_n) e^{2\pi i k n / N} \frac{1}{N}$$

Teorema de Nyquist: Paso máximo para no perder información en $T = F^{-1} [F(O) / F(I)]$ es

$$\Delta = 1 / (2 \omega_{max})$$

Alternativamente:

$$\omega = 1 / (2 \Delta)$$

Es la frecuencia máxima (“de Nyquist”) que podemos recobrar para un sampleo dado.

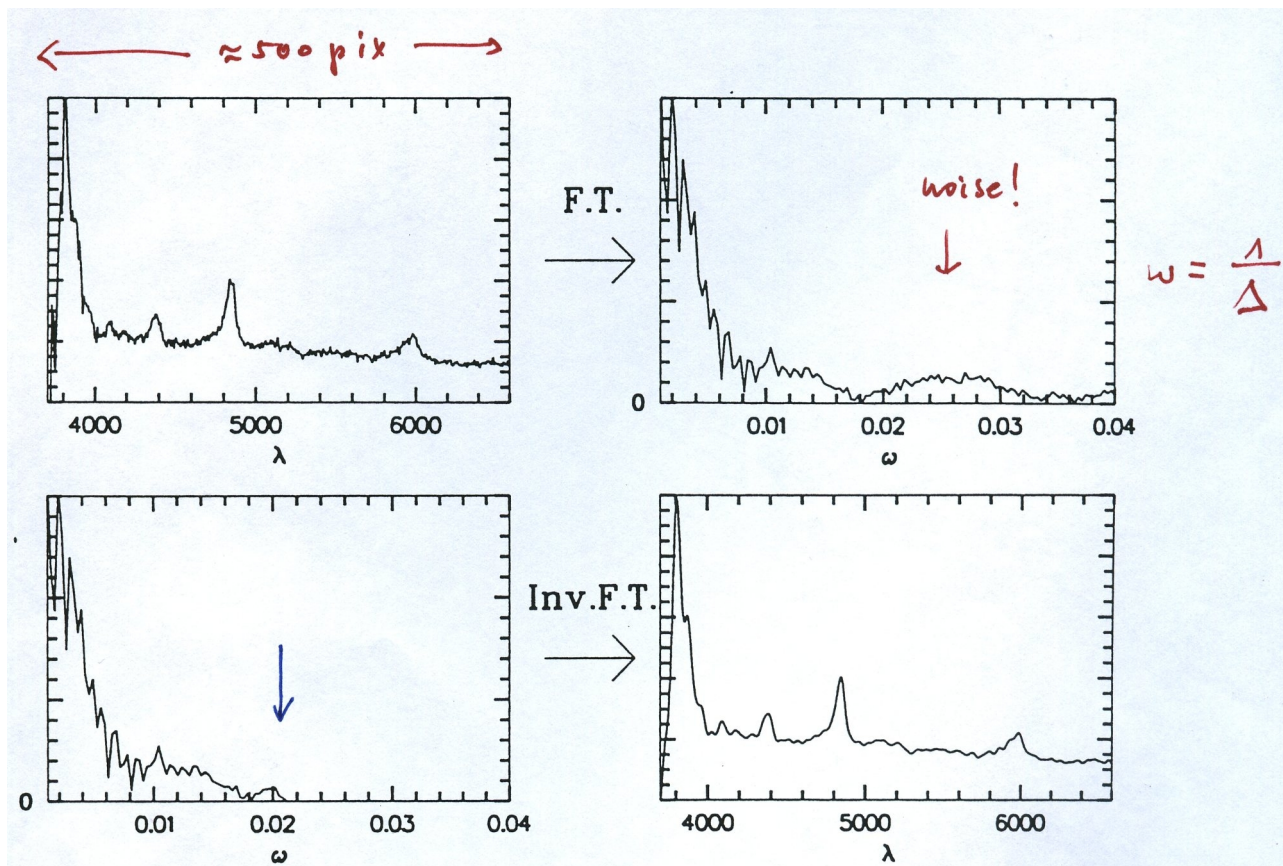
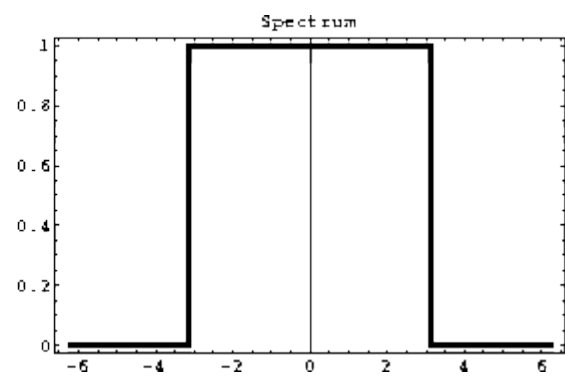
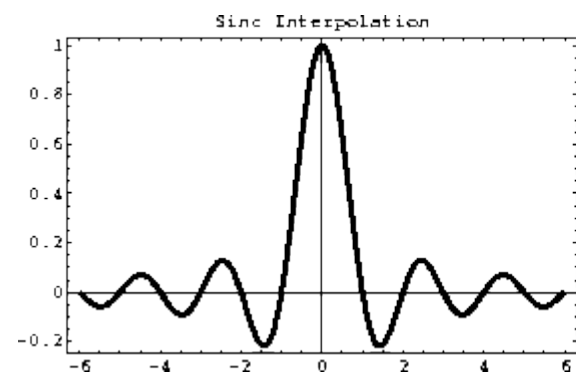


Abbildung 2.3: Oben: Leistungsspektrum $\sqrt{|\mathcal{F}_n|^2 + |\mathcal{F}_{-n}|^2}$ des Quasarspektrums HE0110-2738. Die Frequenzeinheit ist Pixel^{-1} . Unten: Inverse Fourier-Transformation, nachdem die Frequenzen höher als 0.02 Pixel^{-1} abgezogen worden sind. Dieses Verfahren entspricht dem Filtern des Spektrums mit dem Tiefpaßfilter $2\omega_0 \sin(2\pi\omega_0\lambda)/2\pi\omega_0\lambda$, wo ω_0 die Abschneidefrequenz ist. Das Spektrum wurde mit MIDAS-Prozeduren verarbeitet.

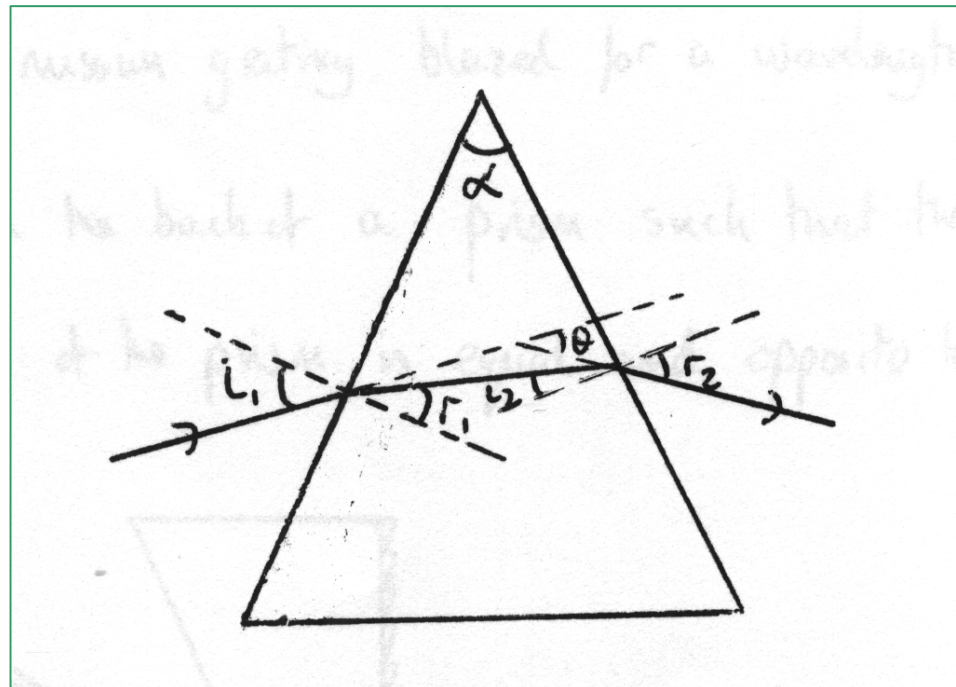


Es importantísimo que los datos estén “sampleados” a frecuencia suficientemente alta para describir el perfil instrumental

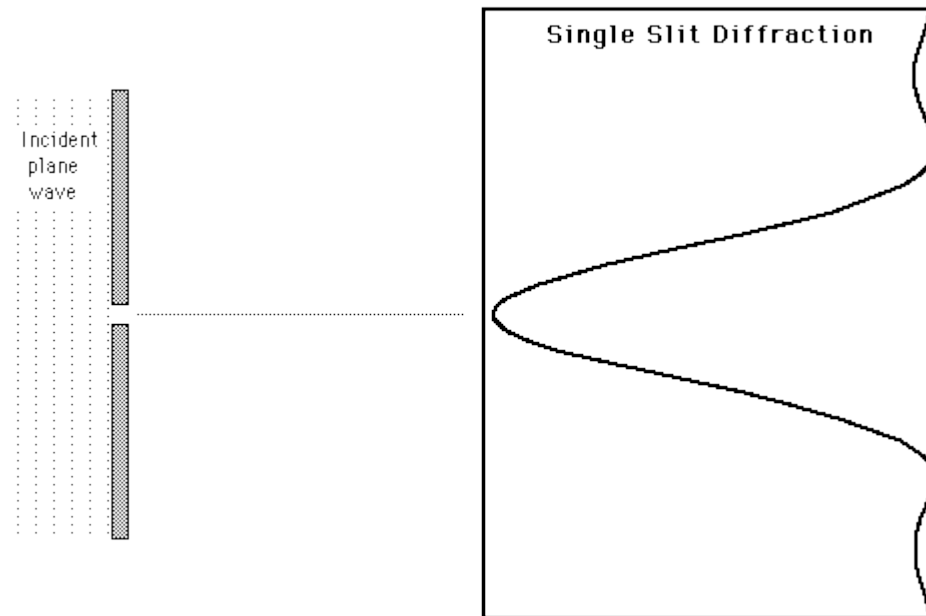
Dispersión de la luz, dos principios fundamentales:

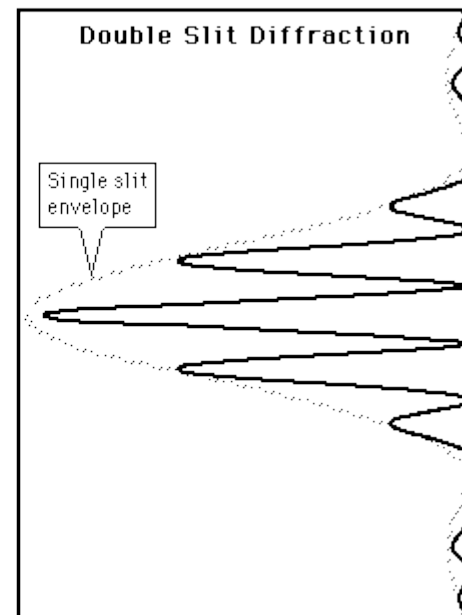
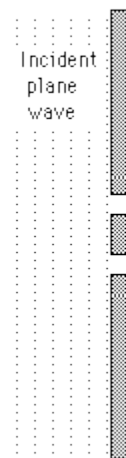
1. refracción diferencial;
2. interferencia

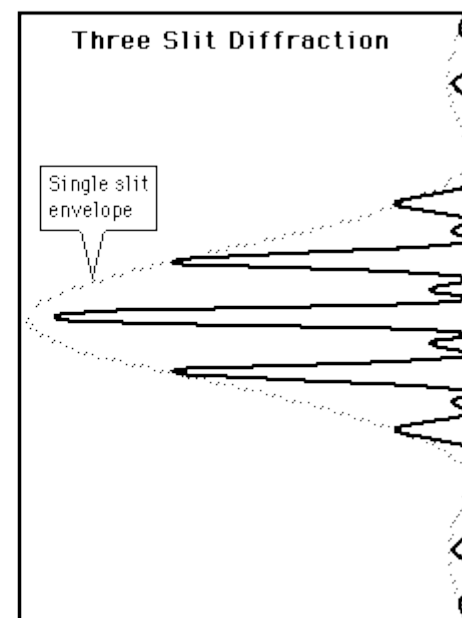
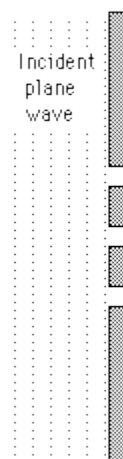
Prismas sólo en algunas aplicaciones

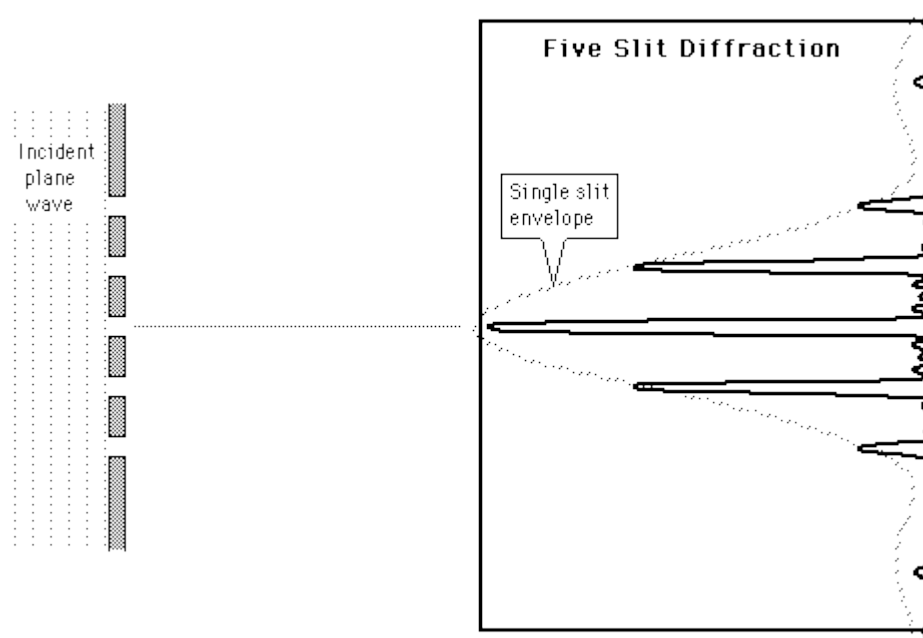


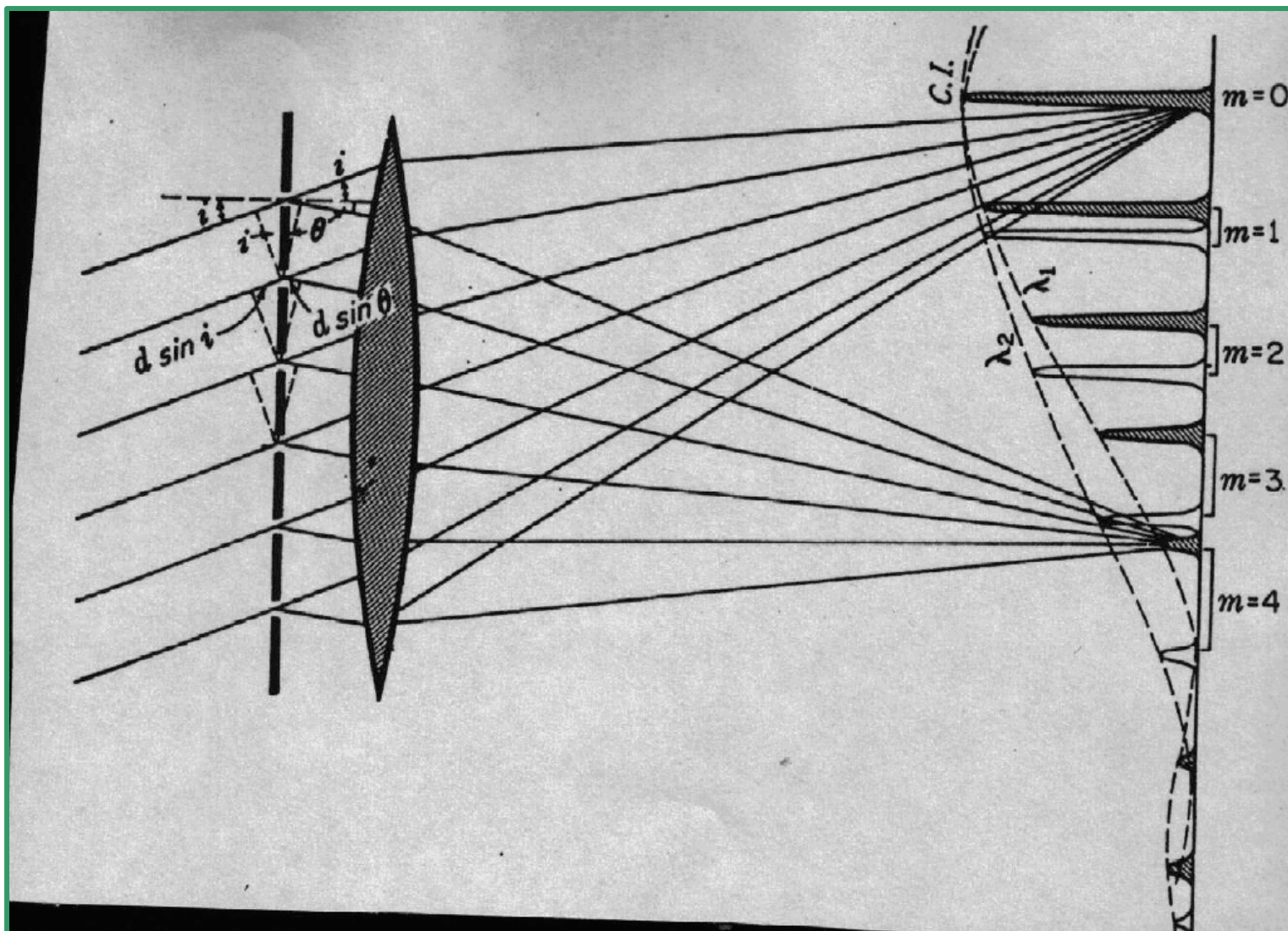
“Gratings” (grillas) de difracción.

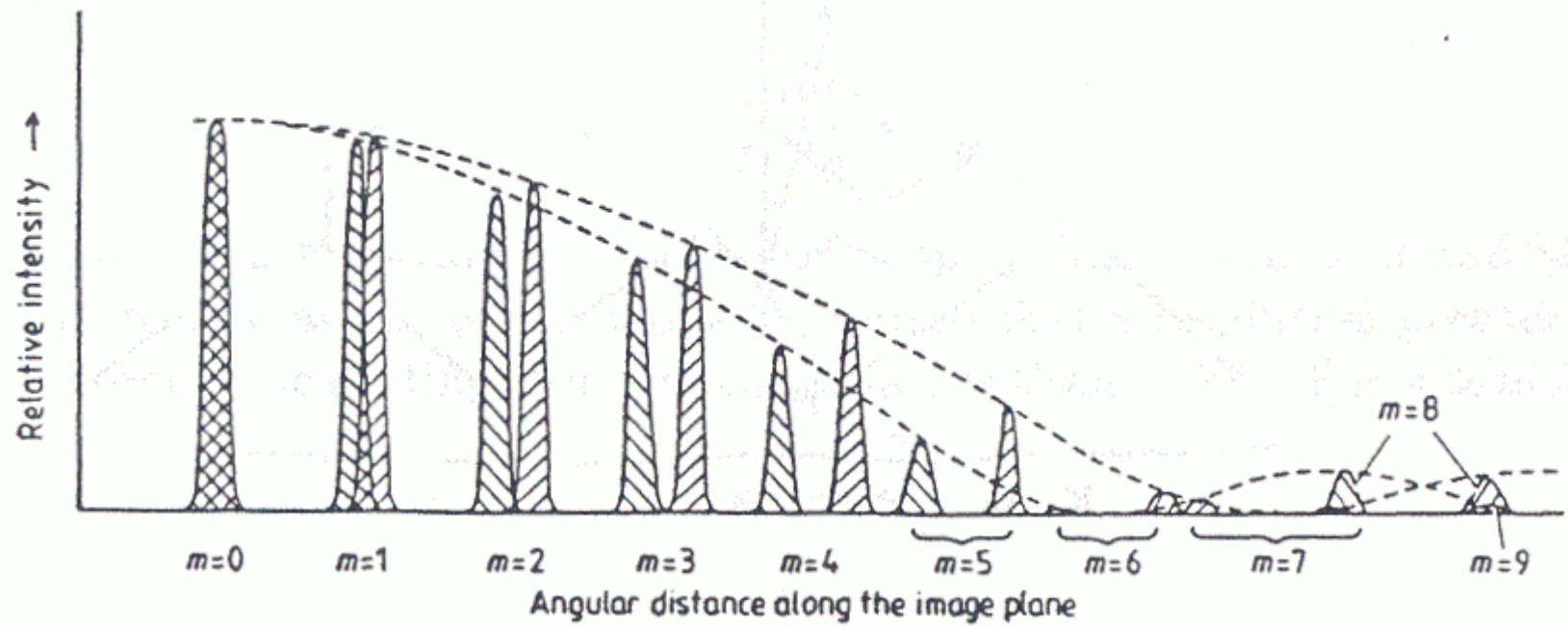












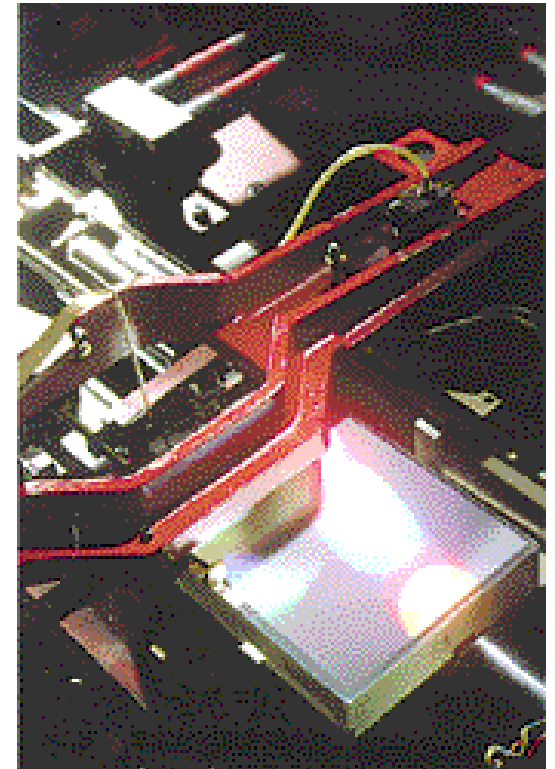
Poder de resolución:

$$R \equiv \lambda / \delta \lambda = N \times m$$

Orden $m=100 \rightarrow R=100.000$

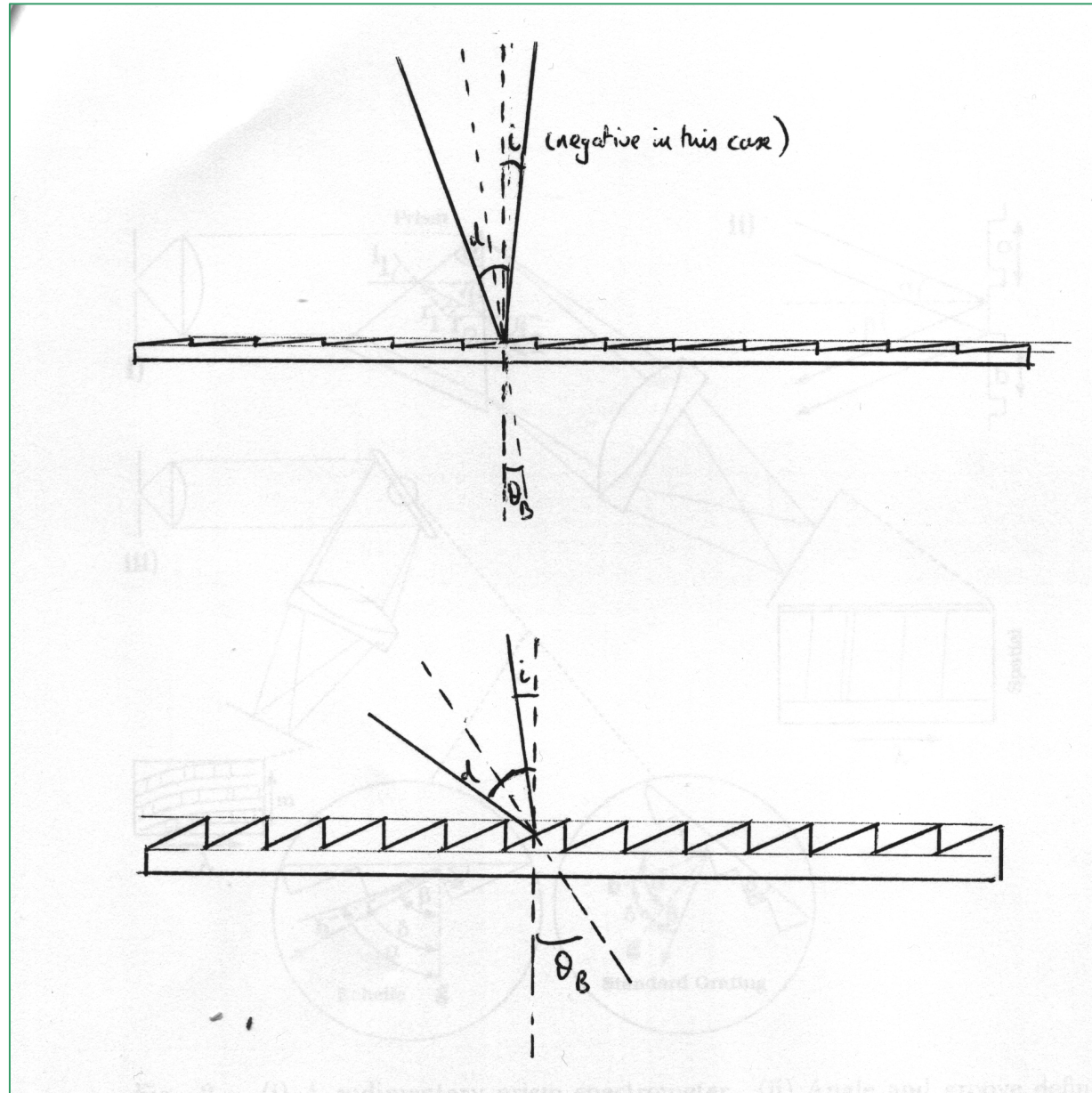
Gratings (“grillas”) normalmente de reflexión (no de transmisión). La descripción del patrón de interferencia es la misma.

Construcción por métodos holográficos sobre superficie reflectante. Grating “echelle” de alta resolución típicamente 100-1000 surcos/mm

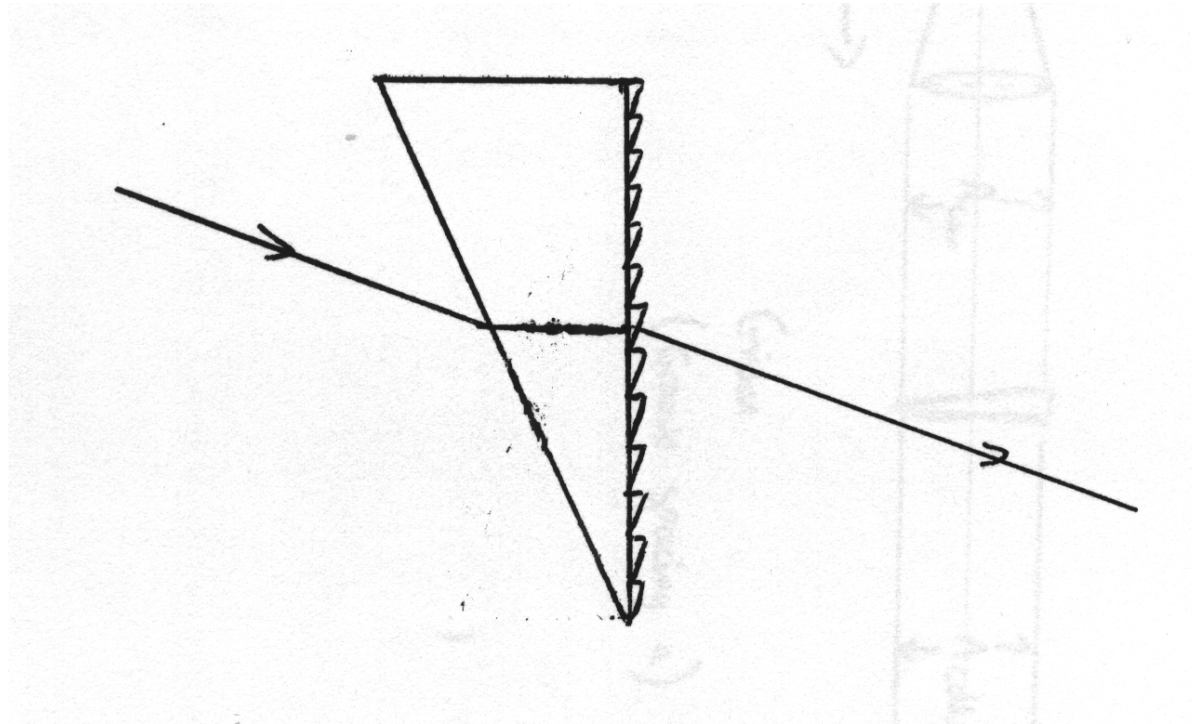


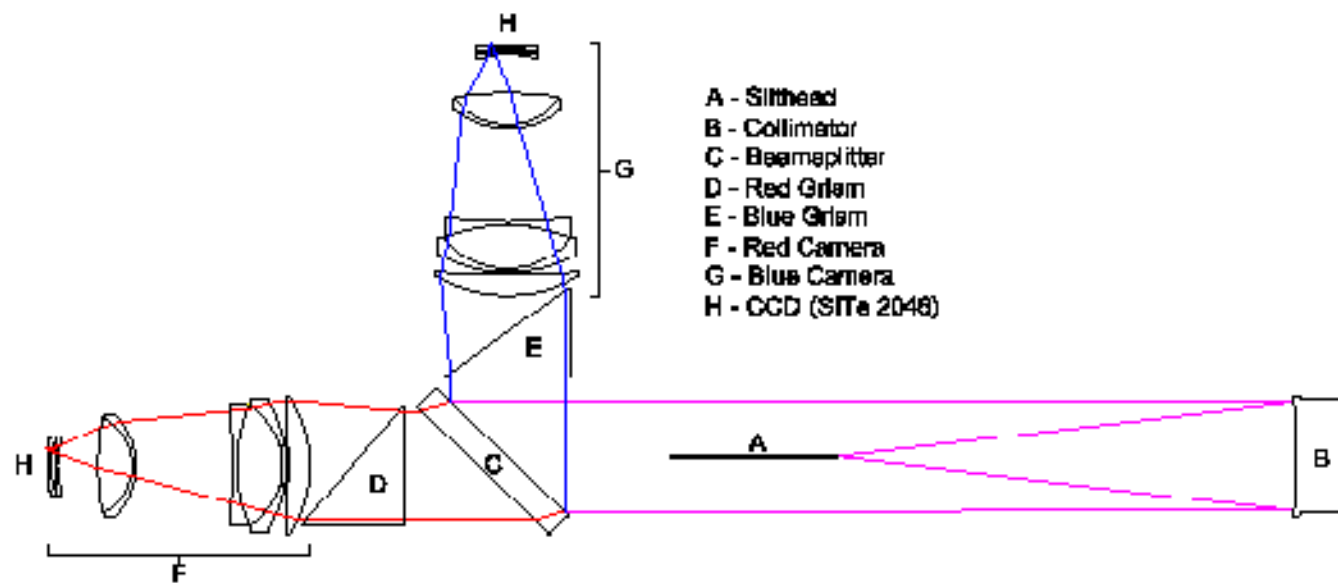
Ruling machine making a 600-line per millimeter diffraction grating. The metallic master will be used to make copies for wavelength division multiplexers.

Problema de ineficiencia al usar órdenes altos se soluciona mediante técnica de “blazing”



“Grism”: combinación de prisma y grating de transmisión.





SDSS Spectrograph

Espectroscopía Multi-objeto: máscaras con multi-slits, también fibras

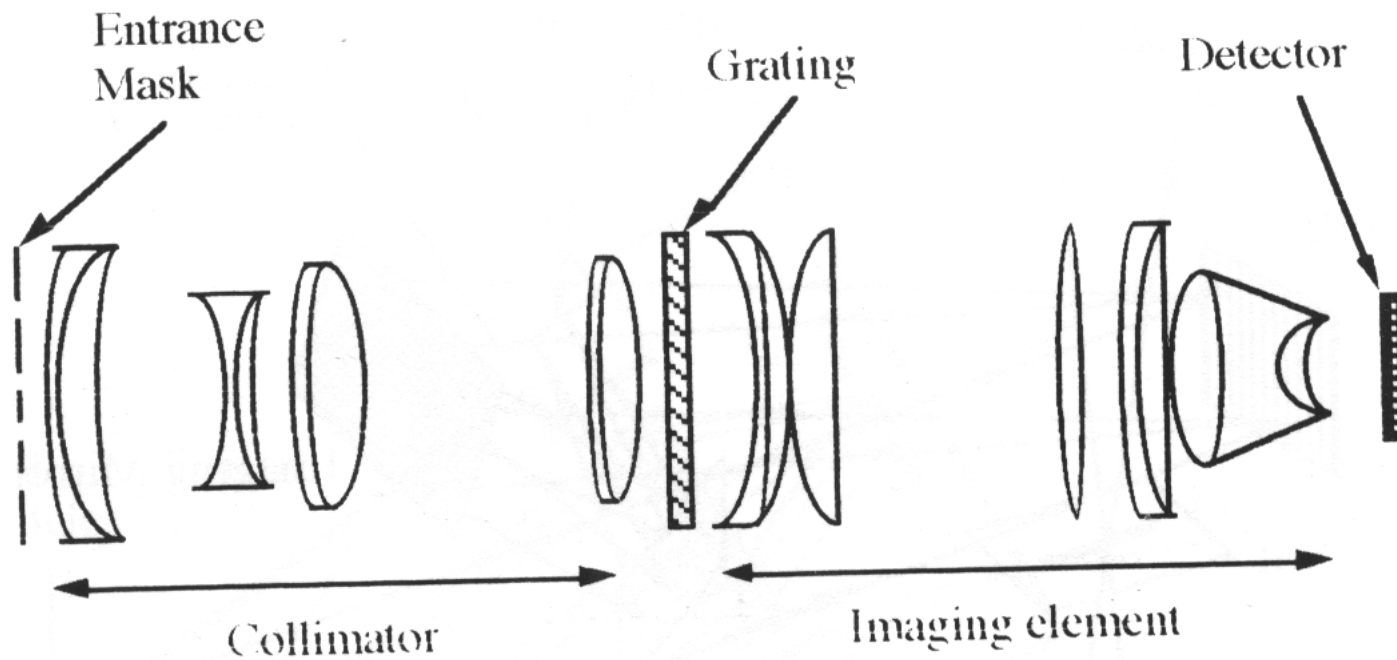
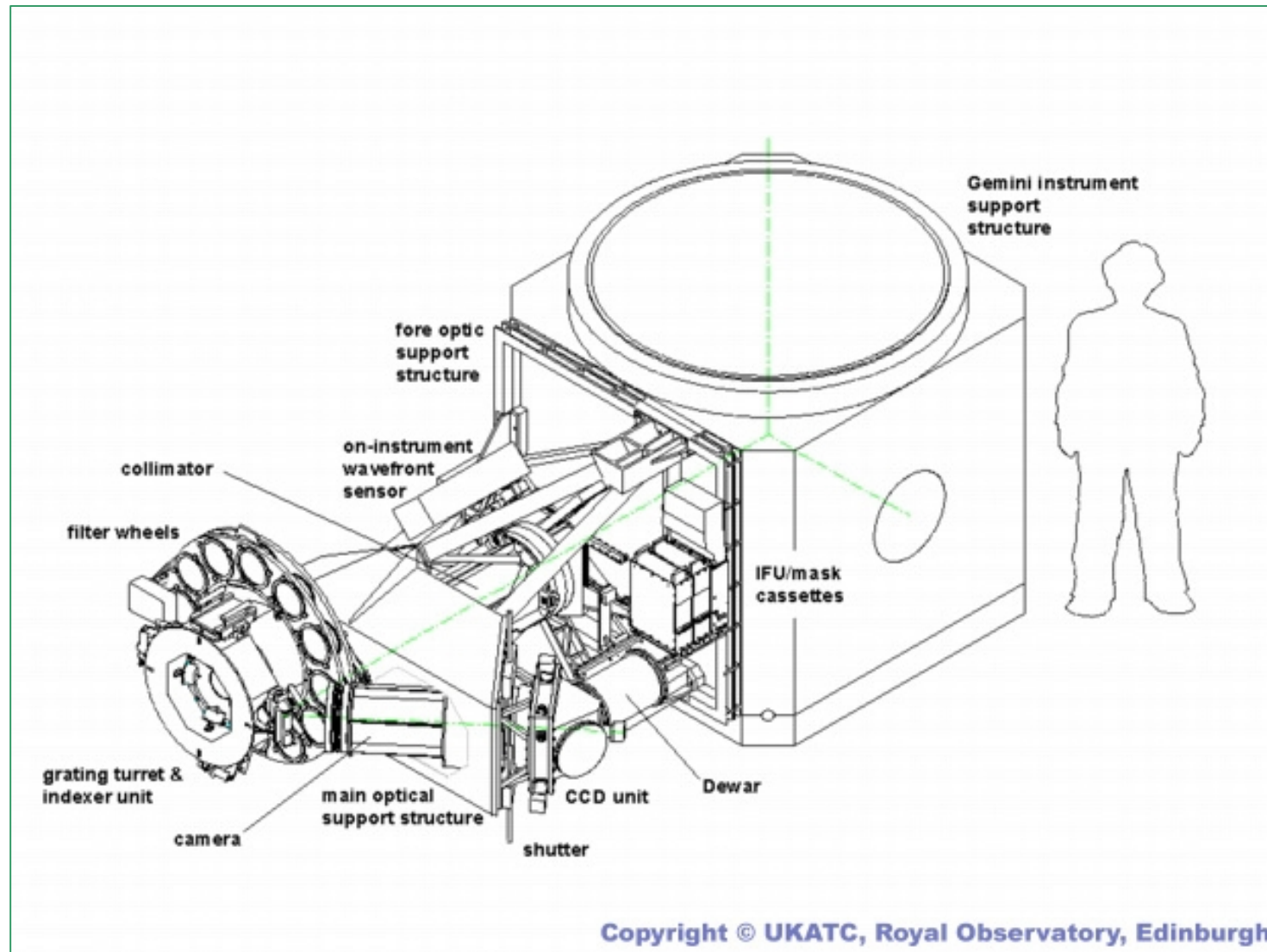


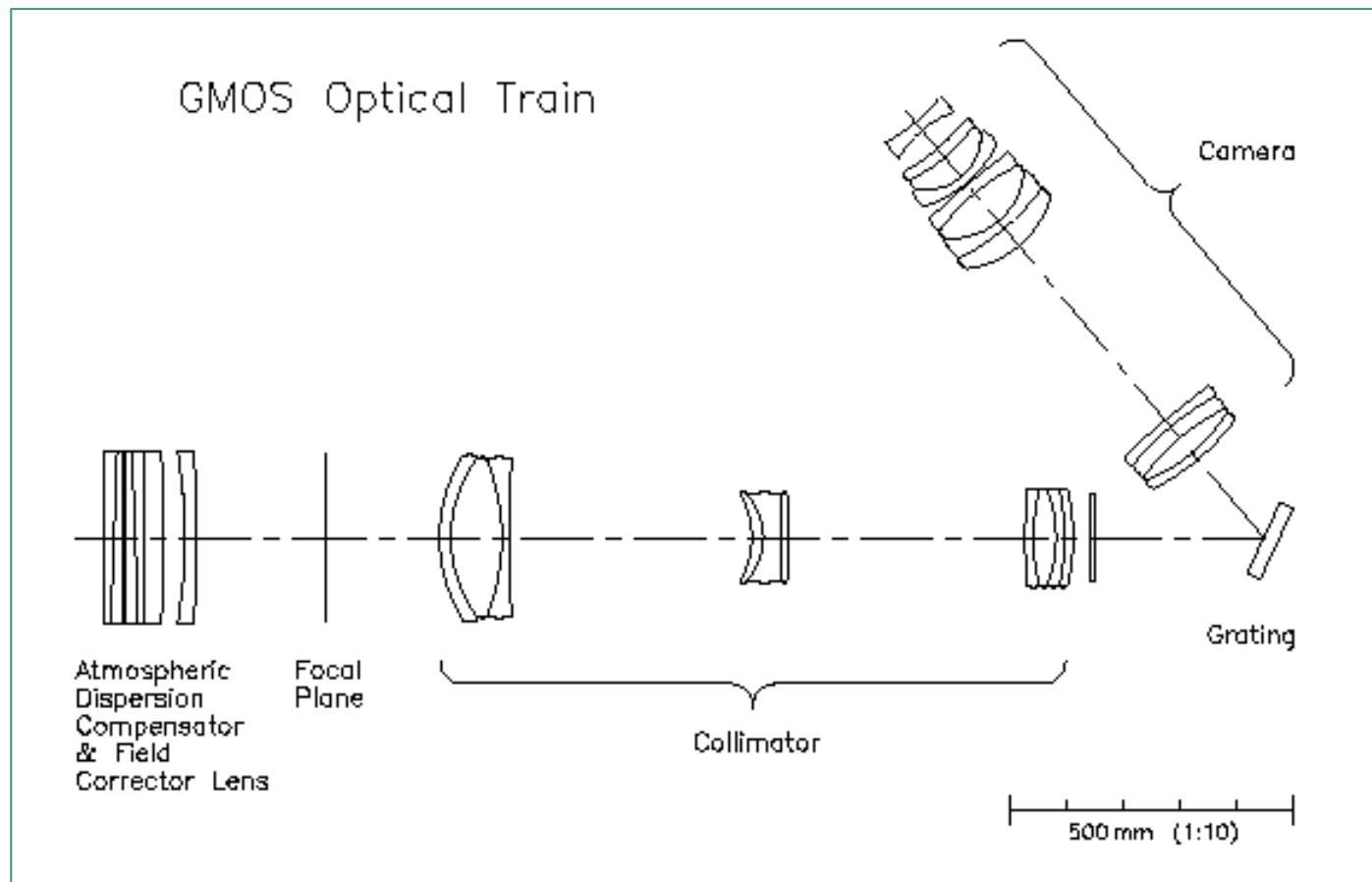
Figure 10.4 Optical layout of LDSS (schematic).

Espectroscopía Multi-objeto: máscaras con multi-slits, también fibras



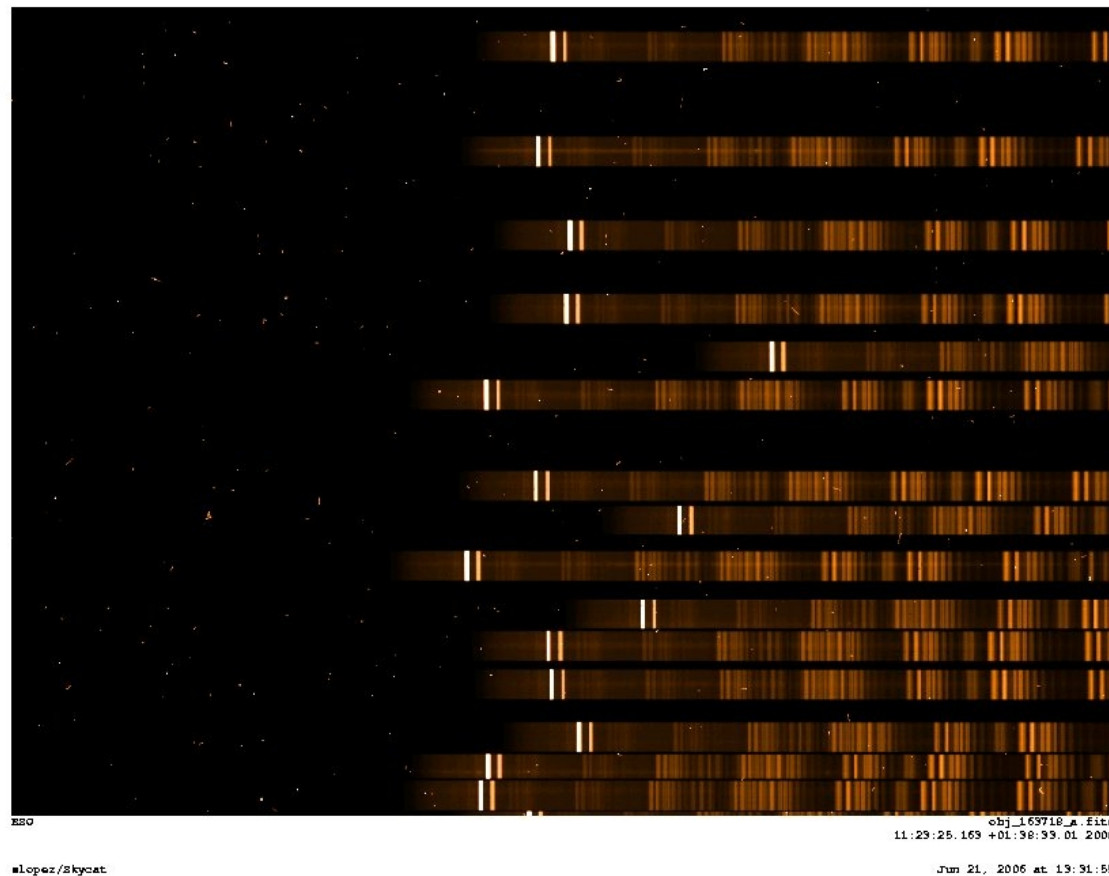
GMOS
@
Gemini

Espectroscopía Multi-objeto: máscaras con multi-slits, también fibras



GMOS
@
Gemini

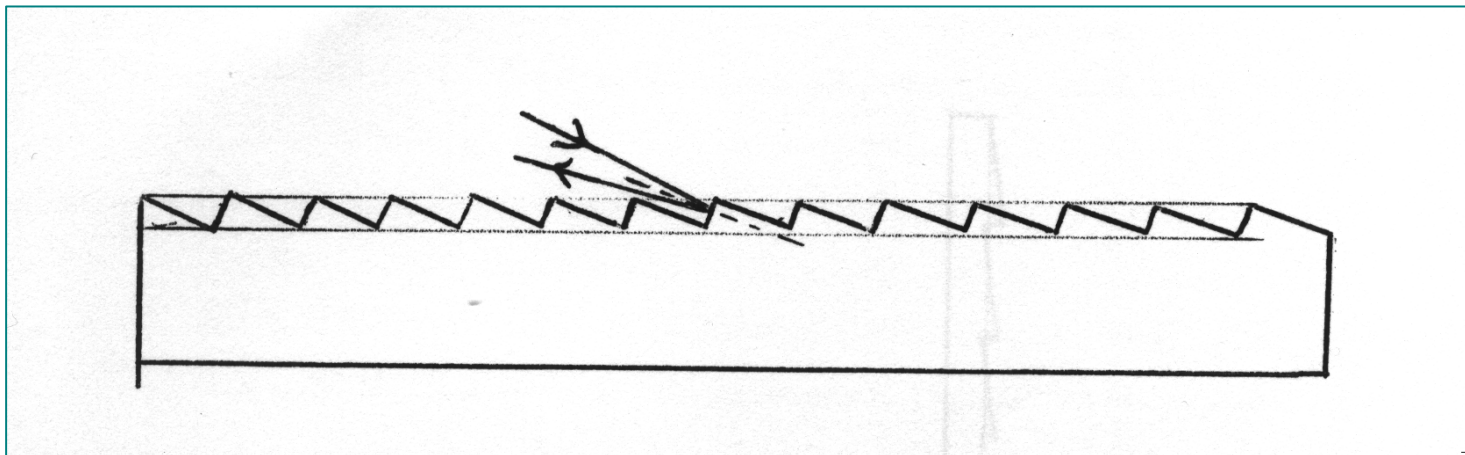
Espectroscopía Multi-objeto: máscaras con multi-slits, también fibras



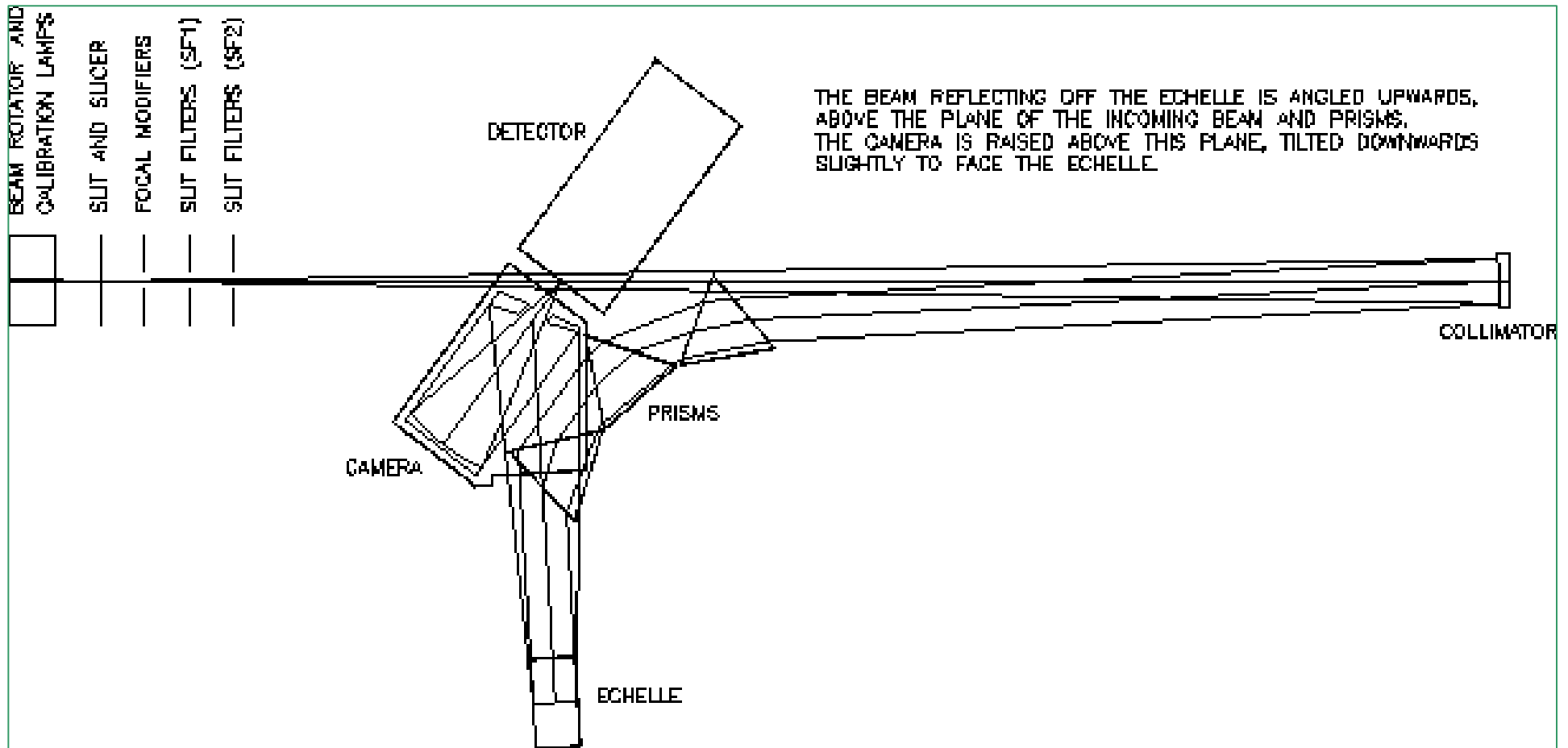
Galaxias
c/ FORS1

Gratings “echelle”

- extremadamente “blazed” a ángulos grandes --> órdenes altos
- Desventaja: confusión entre los órdenes. Órdenes se separan usando “dispersión cruzada” (prisma a 90 grados de dispersión del grating).
- Desventaja: “short-slit” --> fuentes puntuales.

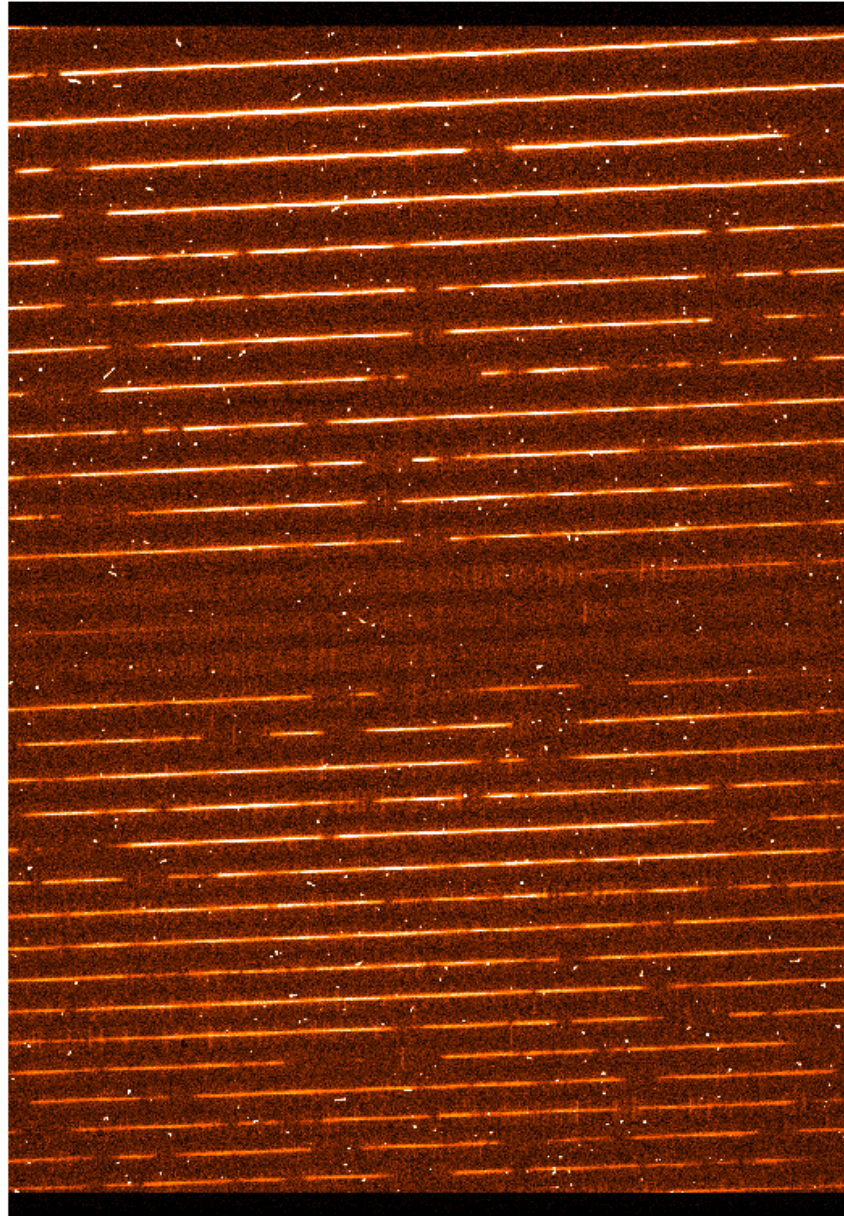


Gratings “echelle”



Echelle @ AAT

Gratings “echelle”



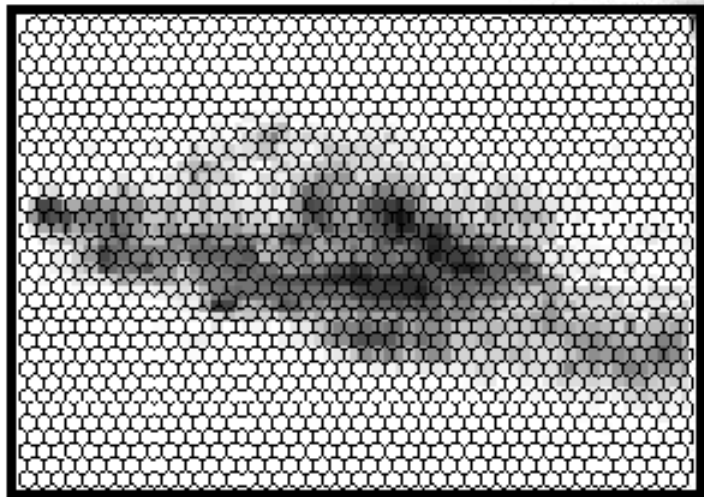
OBJECT
ESO/MEMO T1. 10 10112220 10112220

QSO w/UVES

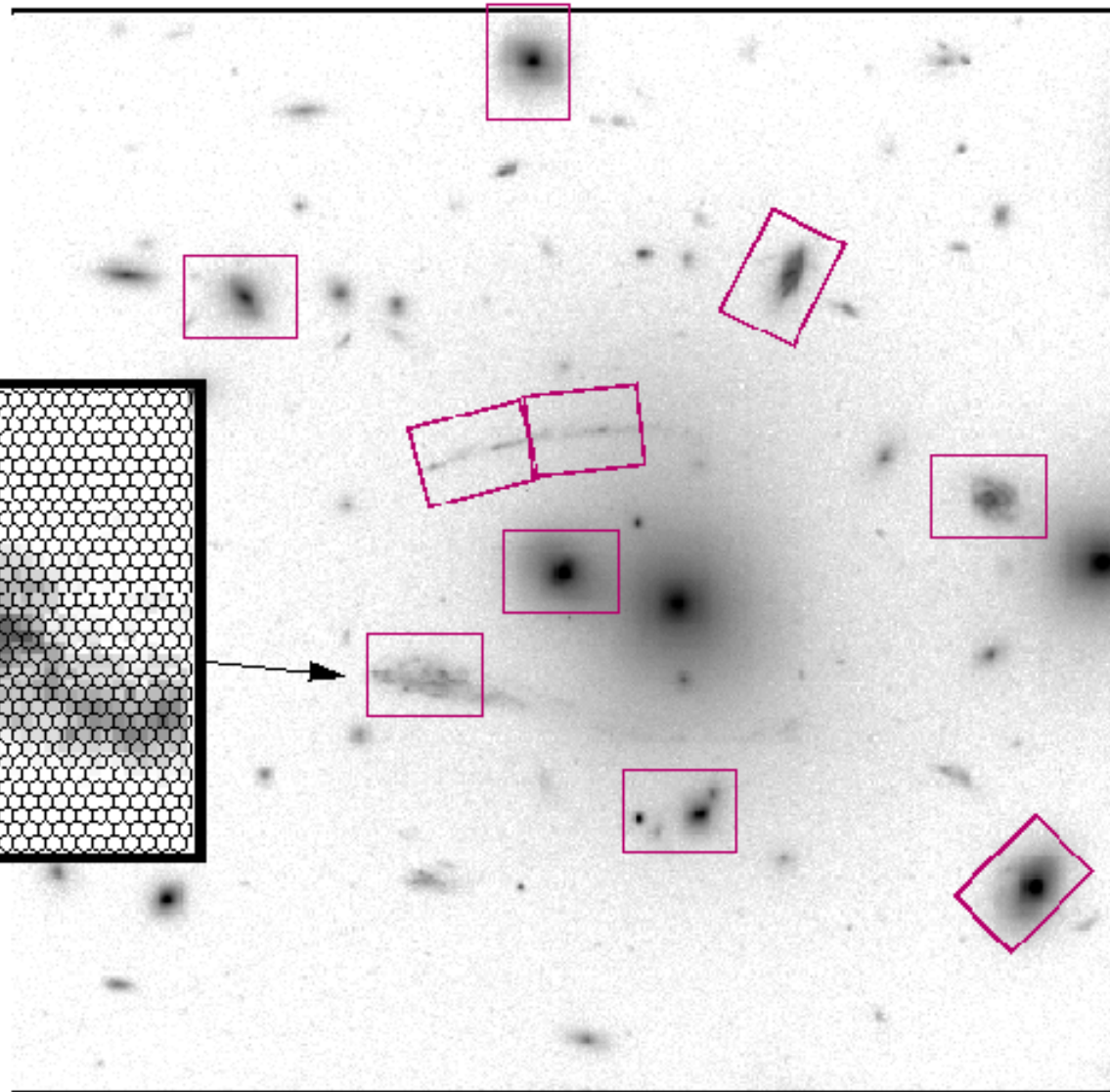
Otras técnicas.

*Integral Field
Spectroscopy:
example targets*

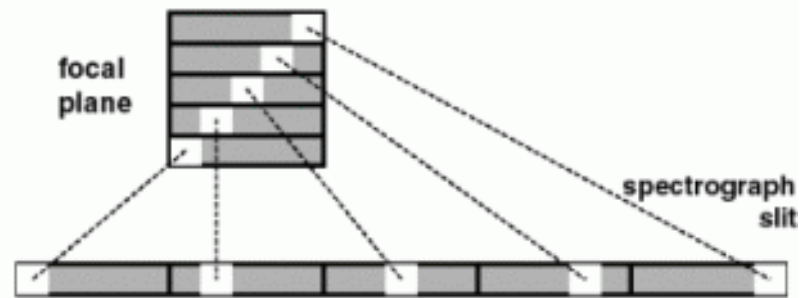
8.4"x5.9" @ 0.2"



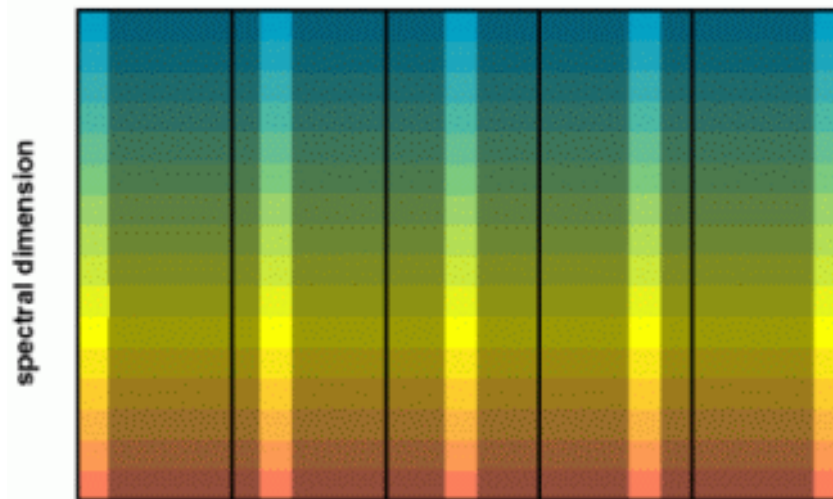
Part of HST image
of Abell 2218
galaxy cluster



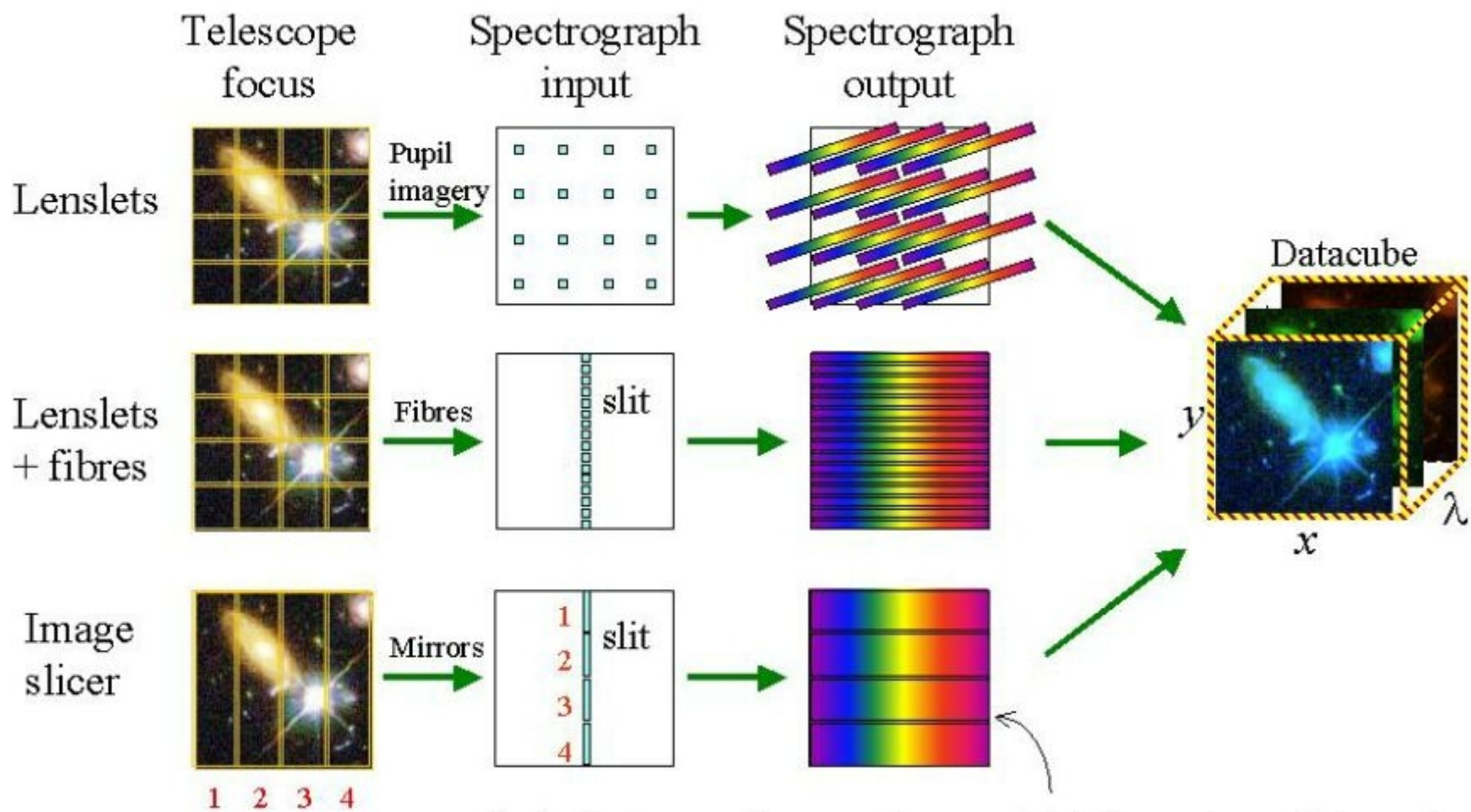
PROJECTION OF FOCAL PLANE ONTO DETECTOR (SPECTROSCOPY MODE)



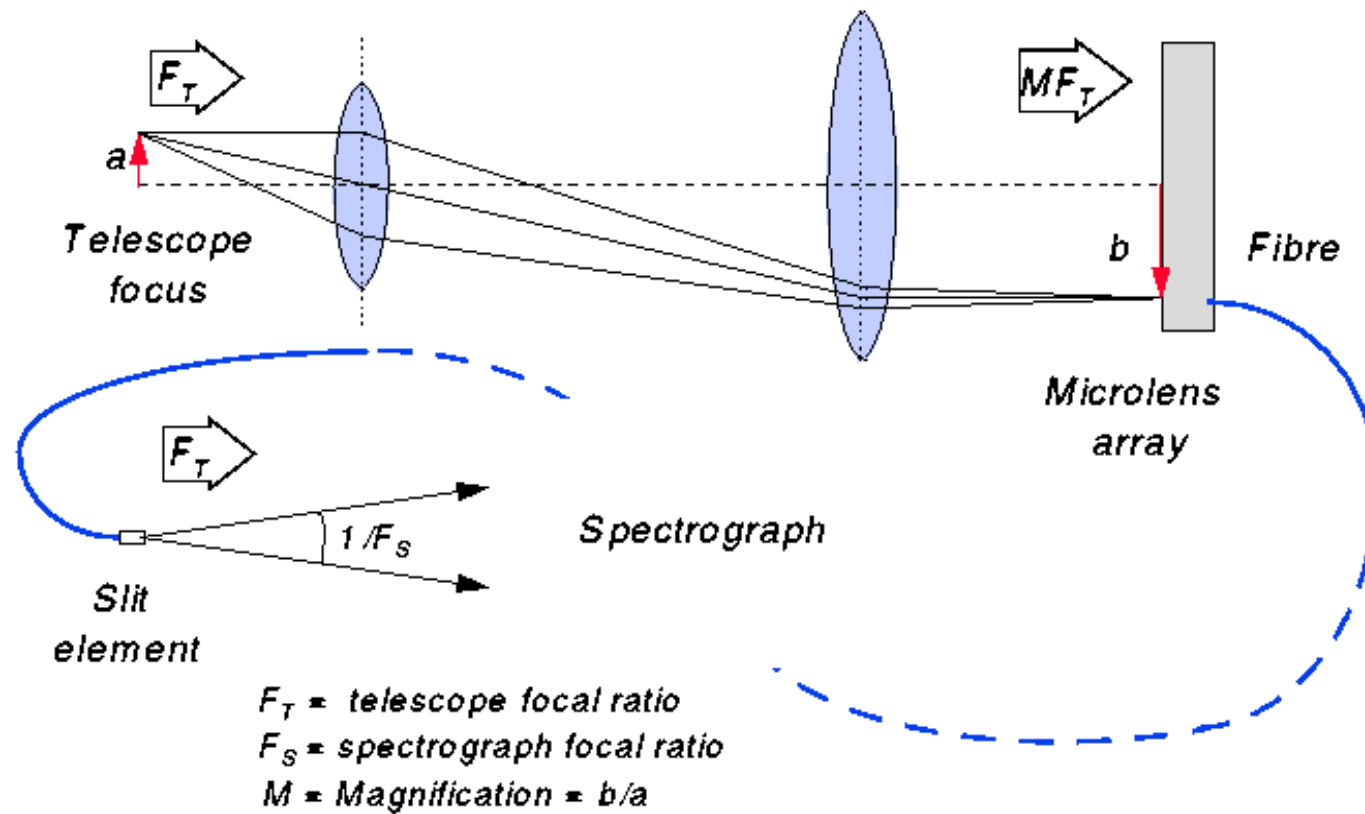
spatial dimension



16 x 25 pixel detector array

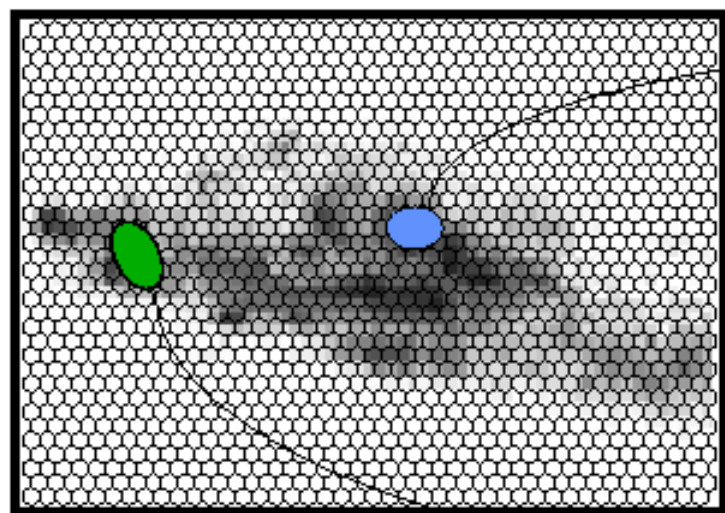


Integral field spectroscopy: *fore-optics*
telecentric enlarger for microlens array - fibre system

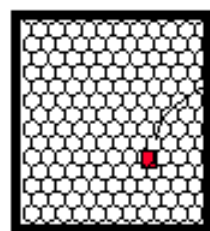


Integral Field Spectroscopy: reformatting

Object field (42x34)



Background field (11 x 14)



Layout of spectra on detector

