

PROBLEMAS DE MAXIMO RENDIMIENTO DE ESPECTROGRAFOS  
CON RED DE DIFRACCION

Jorge Landi Dessy  
(Observatorio Astronómico, Córdoba)

El diseño de un espectrógrafo estelar, tiene como problema principal conseguir que entre la mayor luz posible dentro de la ramura del mismo, sin desmedro de su calidad óptica.

En un telescopio reflector, la pupila de entrada tiene el aspecto de una corona circular iluminada por la luz estelar (fig.1). Este haz con semejante geometría debe caer sobre el elemento dispersor -en nuestro caso una red rectangular- que por lo general tiene una geometría bastante diferente. La primer idea que se tiene, es que el haz debe estar contenido completamente en la red para no perder luz. Esta idea sería correcta si se pudiera disponer de redes de cualquier tamaño, pero no siendo ésta la realidad, es menester tener en cuenta otros factores para poder obtener -con una red de tamaño dado- el máximo rendimiento.

Sea

$D$  = diámetro del objetivo del telescopio

$d$  = diámetro del colimador del espectrógrafo

$F_t$  = distancia focal del telescopio

$F_{c1}$  = distancia focal del colimador

$F_{ca}$  = distancia focal de la cámara

$h$  = ancho de la ramura sobre el plano focal del telescop.

$a$  = ancho de la ramura proyectada sobre el plano focal  
de la cámara

$e$  = diámetro de la imagen de la estrella sobre la ramura  
(en seg. de arco).

Las primeras cuatro cantidades se relacionan de la siguiente manera:

$$(1) \quad F_{cl} = m \cdot F_t$$

siendo

$$m = \frac{d}{D}$$

Como en general  $D$  y  $F_t$  están dados a priori por las características del telescopio, se ve que  $F_{cl}$  es tanto mayor cuanto mayor sea  $d$ , pero  $d$  a su vez está condicionado por la geometría del elemento dispersor.

Por otra parte se sabe que la ramura proyectada no debe pasar de 20 micrones, límite fijado en general por el poder separador de las placas fotográficas; luego si se necesita hacer entrar la mayor luz posible -es decir poder abrir la ramura hasta que ésta contenga la mayor parte del disco atmosférico de la estrella- es menester que  $F_{cl}$  sea la mayor posible por la siguiente relación:

$$(2) \quad h = \frac{F_{cl}}{F_{ca}} \cdot a$$

$F_{ca}$  queda determinada por la dispersión en que se desea trabajar y  $a''$  por el poder separador de la placa fotográfica. De (1) y (2) se obtiene:

$$(3) \quad h = \frac{m \cdot a \cdot F_t}{F_{ca}}$$

$h$  linealmente es tanto mayor cuanto mayor sea  $F_t$ , pero angularmente la porción de cielo abarcada es independiente de  $F_t$  para un telescopio dado, pues interviene el factor de escala. Por lo tanto para  $h''$  ( $h$  en segundos de arco) se tiene fácilmente

$$(4) \quad h'' = E \cdot h = \frac{206264,8}{F_t} \cdot h = \frac{F_t \cdot m \cdot a}{F_{ca}}$$

Se tiene pues que la porción de cielo que entra por la ranura de un espectrógrafo está dada solamente por  $d$ , es decir por el diámetro del colimador; considerando que  $D$ ,  $F_{ca}$  y " $a$ " son cantidades dadas de antemano. Estas fórmulas valen para espectrógrafos sin dispositivos especiales que aumenten el rendimiento, como ser el dispositivo de imágenes múltiples u otros equivalentes.

De lo anterior se deduce que al aumentar " $d$ " aumenta  $F_{c1}$  y por consiguiente se puede abrir más la ranura.

Como segunda etapa se puede pensar que sea conveniente que el área de luz del colimador que no cubre el elemento dispersor sea igual al área del elemento dispersor no usado por el haz del colimador. Se puede calcular fácilmente que el diámetro del colimador correspondiente a la condición mencionada está dado por

$$(5) \quad d = 2 \sqrt{\frac{la \cdot lb}{\pi(1 - 1/q^2)}}$$

Se supone que el elemento dispersor sea un rectángulo de lados  $la$  y  $lb$  respectivamente; el denominador corresponde a la superficie en forma de corona, siendo  $1/q$  la relación de obstrucción entre el espejo secundario y primario del telescopio.

Hay que tener en cuenta todavía otro factor y éste es la inclinación de la red respecto del eje óptico del colimador. Este factor introduce para una misma dispersión un acortamiento de la distancia focal de la cámara y por consiguiente un nuevo factor que permite abrir más la ranura, pues disminuye  $F_{ca}$  para una dispersión dada.

Para normalizar el cálculo hemos supuesto una ranura que permite la entrada de un rectángulo de luz cuyo lado menor sea de  $2''$ ; en estas condiciones el rendimiento del espectrógrafo es de 100%. En la

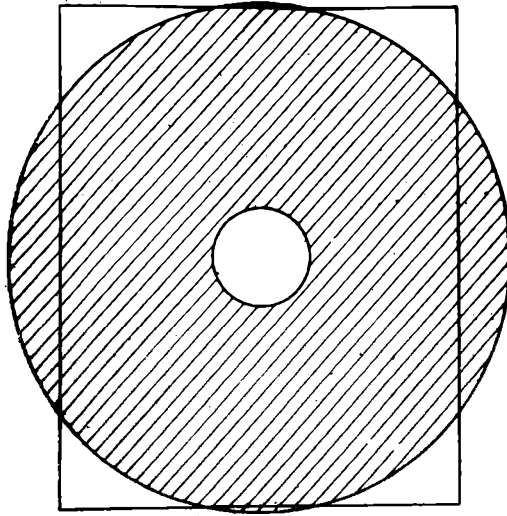


Fig. 1

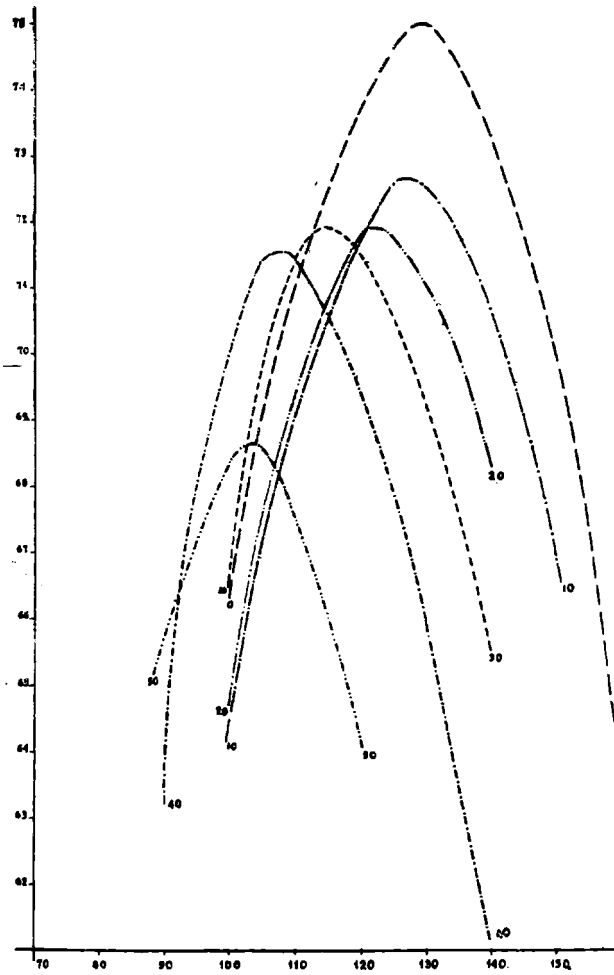


Fig. 2

fig. 2 se ve la familia de curvas que resulta para diversas inclinaciones de la red. La abscisa representa el radio del colimador y la ordenada el porcentaje de luz del colimador empleada por el espectrógrafo. El hecho más notable es que entre las inclinaciones correspondientes a  $20^\circ$  y  $40^\circ$  practicamente el rendimiento no varia, mientras que si se pasa este último valor, decrece muy rapidamente.

Las curvas han sido calculadas tomando como ejemplo una red cuyos lados tienen las siguientes medidas:  $l_a = 203$  mm y  $l_b = 254$  mm. Con otros valores para la red, la familia de curvas se desplaza, pero mantiene la propiedad mencionada en el párrafo anterior.

La fórmula (5) da valores en general más grandes que los obtenidos por las curvas, pero pueden servir para una primera aproximación.

#### Bibliografía.

Ira S. Bowen. The spectrographic equipment of the 200-inch Hale Telescope. Ap.J. 116, 1 (1952).

#### Zusammenfassung:

Zum Studium der Höchstleistung eines Spektrographen mit Kollimator des invertierten Cassegrain Typs werden eine Reihe von Kurven studiert und graphisch dargestellt (Abbildung 2) welche für verschiedene Neigungen der Gitternormalen zur optischen Achse des Kollimators die Lichtmenge relationieren, die der Spektrograph von dem durch seinen Spalt eindringenden Lichtbündel benötigt.

Als Berechnungsnorm wird als 100% leistungsfähig ein Spalt angenommen, dessen kürzere Seite in der Fokalebene des Fernrohres  $2''$  lang ist. Es fällt dabei auf, dass sich zwischen Neigungen von  $20^\circ$  bis  $40^\circ$  die Leistung wenig ändert, beim Hinausgehen über diese Spanne jedoch die Variationen viel grösser sind. Die Werte und Formen der Kurven hängen von der Geometrie des Dispersionselementes ab, aber die allgemeinen Eigenschaften der Kurven bleiben bestehen.