

LA POLARIDAD DE LAS ESTRELLAS MAGNETICAS

Arcadio Poveda

El creciente interés que en los últimos años se ha venido dando a los fenómenos astro-magnéticos, hace indispensable un estudio más específico sobre este problema, al cual, los recién llegados, tendrán que enfrentarse sin que exista información suficiente y disponible. La mayor parte de nuestro conocimiento sobre magnetismo en el sol y las estrellas, se lo debemos a los trabajos de Hale, Babcock y sus colaboradores. En tales estudios, las polaridades fueron determinadas por medio de la calibración del analizador con un electro-imán y una brújula.¹

Otra forma de determinar estas polaridades se basa en las propiedades del efecto Zeeman, las especificaciones del analizador usado y el aspecto del espectrograma. Adoptamos la convención de que:

Polo Norte $\equiv$ Polo Positivo

Polo Sur $\equiv$ Polo Negativo

Donde por polo norte, entendemos un polo de la misma naturaleza al polo magnético en el hemisferio sur de la tierra (ésto se presta a confusiones pero, por costumbre, esta convención ha llegado hasta nuestros días y es la usada por Babcock en sus trabajos). Además, recordemos que, una carga negativa, describiendo una órbita circular en sentido levógiro, produce un campo magnético antiparalelo al momento angular; un observador, mirando desde "arriba", verá un polo negativo; por ejemplo, el campo magnético de la tierra corresponde al de un cuerpo cargado negativamente y girando tal como se le vería desde el sol. (Véase Fig. 1).

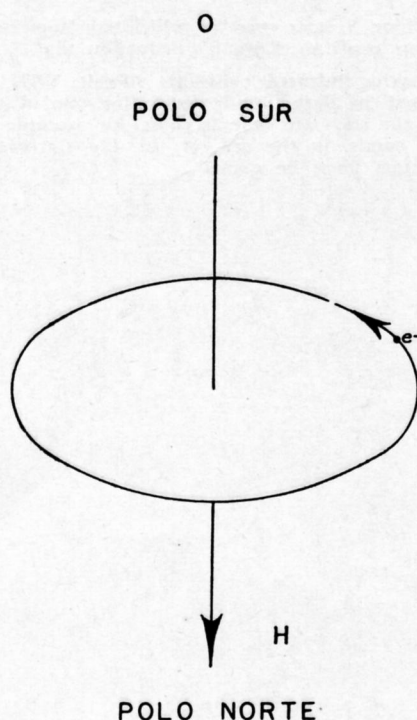


Fig. 1.—Campo magnético de una carga en movimiento y el polo, vistos por el observador O.

Como es bien sabido, en la teoría clásica del electrón, una fuente de átomos en emisión es equivalente a un agregado de dipolos en emisión orientados al azar; en estas condiciones es posible resolver sus movimientos en sus componentes en un sistema ortogonal cartesiano cuyo eje Z, por ejemplo, coincida con la dirección del observador; cada uno de los movimientos lineales en el plano XY pueden ser descompuestos en dos movimientos circulares de sentidos opuestos² cuyos radios son $1/\sqrt{2}$ veces la amplitud de los movimientos lineales. Como las vibraciones en el eje Z no contribuyen a la radiación vista por el observador, entenderemos fácilmente que, para un observador "sentado" en el eje Z, solamente existirán movimientos circulares de sentidos opuestos y con todas las fases presentes. En síntesis: una fuente de luz no polarizada, es equivalente a la superposición de luz circularmente polarizada en sentidos opuestos y con todas las fases presentes.

Una placa de retardación de $1/4$ de onda en la trayectoria de un rayo de luz no polarizada, resolverá esas polarizaciones circulares en dos componentes plano-polarizadas perpendiculares entre sí,

cada una con una inclinación de 45° con el eje óptico de la placa de retardación. Si a continuación ponemos una placa de calcita, orientada adecuadamente, cada uno de los dos tipos de polarización al atravesarla, será refractado en ángulos diferentes; por ejemplo, podemos pensar que la componente polarizada levógiramente fué convertida en luz "verticalmente" polarizada, y que después de pasar a través de la placa de calcita, sufrió una desviación de un ángulo A ; la otra polarización, digamos, sufrió una refracción de un ángulo $B \neq A$.

A continuación es posible iluminar con estos dos rayos la rendija de un espectrógrafo y hacer dos espectrogramas que, por razones de índole práctica, podrían ser proyectados uno inmediatamente debajo del otro. La Fig. 2 muestra gráficamente, y en forma simplificada, lo que hemos afirmado.

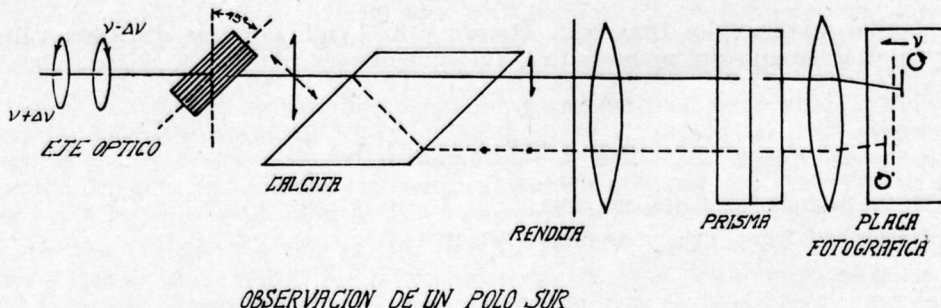


Fig. 2.—Arreglo esquemático de un analizador para luz polarizada circular o elípticamente; desdoblamiento del rayo original de acuerdo con el sentido de su polaridad y trayectorias hasta la placa fotográfica.

Es claro que de estos dos espectrogramas, al superior, digamos, solamente podrá llegar luz originalmente de polarización levógira y, al inferior, llegará solamente polarización dextrógira. Si en estas condiciones ponemos un campo magnético en la fuente y paralelo a la línea de observación, de modo que el polo sur esté orientado hacia el observador, entonces aquellos electrones que estén moviéndose levógiramente serán desacelerados por la presencia del campo —debido a que están girando en el mismo sentido que las cargas que genera éste— y, por lo tanto, la frecuencia de la línea producida por la circulación de estos electrones, será alterada por una cantidad $-\Delta\nu$ que depende de la intensidad del campo. Como en el espectrograma superior recibimos solamente polarización levógira, resulta que se registrará una línea desplazada hacia el rojo; de igual manera, en el espectrograma inferior registraremos una línea desplazada al violeta. Si en lugar de emisión consideramos el problema de líneas en absorción —y este es el caso que nos concierne en la mayoría de las situaciones astronómicas— el continuo será dividido equitativamente en ambos espectrogramas, tocándole al superior toda la polarización levógira en el continuo; aquellos electrones que anteriormente estaban en emisión estarán, ahora, en absorción, de tal manera que en la frecuencia $\nu - \Delta\nu$ aquella parte del continuo con polarización levógira, y solamente ésta, será atenuada. Esta misma parte del continuo en el modo dextrógiro no será afectada, ya que en este tipo de polarización la única absorción ocurre a $\nu + \Delta\nu$, por lo tanto, en el espectrograma superior observaremos un continuo que estará atenuado a $\nu - \Delta\nu$, es decir, tendremos una línea en absorción ¡tal como en el caso de emisión! Pero ahora, si en lugar de mirar al polo sur estuviéramos mirando al polo norte, entonces aquellos electrones que estén produciendo polarización levógira se moverán más rápidamente (porque tendrán energía potencial mínima en el campo magnético) y, por lo tanto, emitirán a $\nu + \Delta\nu$; pero como están emitiendo (o absorbiendo) polarización levógira, aparecerán en el espectrograma superior y $\nu - \Delta\nu$ vendrá en el inferior. Así, podemos resumir la situación, tanto para absorción como para emisión en los espectrogramas sintéticos de la Fig. 3.

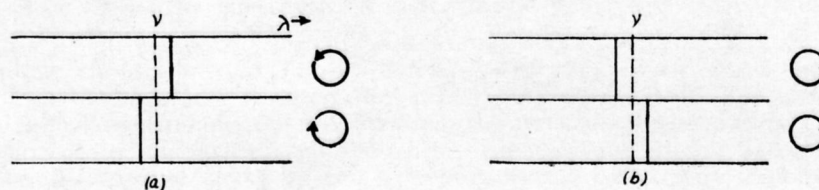


Fig. 3.—Espectrogramas sintéticos tal como serían dados por el analizador de la Fig. 2. a) Mirando al polo sur. b) Mirando al polo norte.

Con solo saber qué tipo de polarización se está recibiendo en cada banda del espectrograma —y sin lugar a duda ésto se conoce a partir de las especificaciones de un analizador dado— una sencilla inspección de los espectrogramas nos puede indicar a qué polos estamos mirando.

Hasta ahora hemos asumido que estamos mirando al campo "cara a cara"; sin embargo, los

misimos argumentos valen para cualquier inclinación del campo dipolo con la línea de la visión. En el caso general, las componentes del efecto Zeeman serán polarizadas elípticamente; sin embargo, un movimiento elíptico puede ser considerado como el resultado de la superposición de dos movimientos circulares de sentidos opuestos y radios diferentes. Así, pues, para este caso, la separación de las componentes mide un campo "efectivo" y su polaridad sigue siendo determinada por la misma regla. Otro efecto que debe ser considerado para cada caso particular, es el de la posible inversión del sentido de polarización, causado por múltiples reflexiones en el sistema óptico antes de entrar al analizador; sin embargo, este problema también se presenta cuando calibramos el analizador con una fuente de laboratorio, un electro-imán y una brújula. Más aún, solamente hemos considerado el llamado efecto Zeeman "normal". Es obvio, cómo puede hacerse la extensión para más componentes sin mayores dificultades.

Deseo dar las gracias a los Dres. S. S. Huang y R. Lynds por una discusión valiosa y al Dr. H. W. Babcock por la lectura del manuscrito y sus comentarios.

R E F E R E N C I A S

- 1.—H. W. Babcock, Ap. J. **108**, 198, 1948.
- 2.—Jenkins and White, Physical Optics, p. 590, 1950.

THE POLARITIES OF MAGNETIC STARS

The determination of polarities of magnetic stars is discussed in terms of the classical Zeeman effect, the design of the analyzer for polarized light used, and the appearance of the spectrograms. It is shown that by a simple inspection of the spectrogram on the light of the previous considerations, the effective polarity of a magnetic star can be established without doubt.

For the combination analyzer-spectrograph shown in Fig. 2, which splits the original beam of light into an upper one counterclock-wise polarized and a lower one clock-wise polarized, the polarity will be North seeking if the spectrogram looks like in b) of Fig. 3 and South seeking if it looks like in a), Fig. 3.